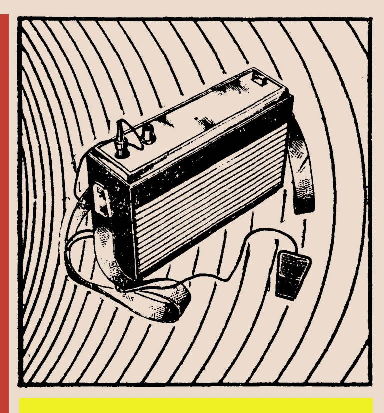
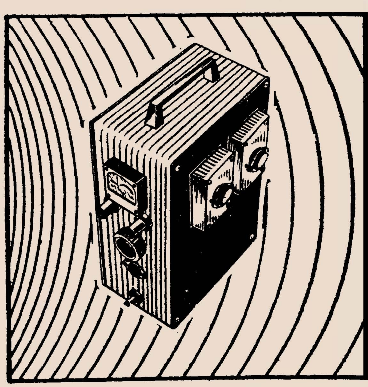
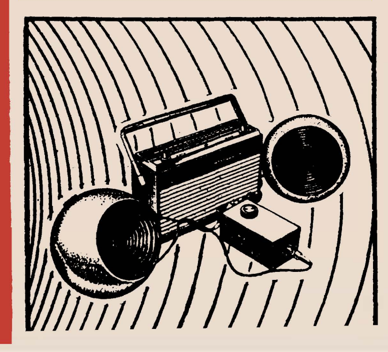


В. А. ВАСИЛЬЕВ

РАДИОЛЮБИТЕЛИ — СЕЛЬСКОМУ КЛУБУ







МАССОВАЯ
РАДИО
БИБЛИОТЕКА

Основана в 1947 году

Выпуск 1060

В. А. ВАСИЛЬЕВ

РАДИОЛЮБИТЕЛИ — СЕЛЬСКОМУ КЛУБУ



МОСКВА «РАДИО И СВЯЗЬ» 1983

ББК 32.84
В19
УДК 621.396.61—87

Васильев В. А.

В19 Радиолюбители — сельскому клубу. — М.: Радио и связь, 1983. — 88 с., ил. — Массовая радиобиблиотека. Вып. 1060.

55 к.

Описаны назначение, работа, устройство, изготовление и налаживание большого числа простых радиолюбительских конструкций, предназначенных для использования в клубной работе на селе: теле- и радиоантенны, звукотехническая аппаратура (усилители НЧ разного назначения и приставки к ним, источники питания приборов, громкоговорители, электронные приставки к электрогитаре, различные электрифицированные устройства для сельской дискотеки) и пр. Большинство конструкций, приведенных в книге, рассчитано на изготовление из деталей, имеющихся в перечне Союзпосылторга, и предназначено для повторения малоопытными радиолюбителями.

Для широкого круга радиолюбителей.

В $\frac{2402020000\text{-}029}{046(01)\text{-}83}$ 155-83 ББК 32.84
6Ф2.9

РЕЦЕНЗЕНТ В. Г. БОРИСОВ

Редакция научно-популярной литературы
и массовой радиобиблиотеки

Предисловие

В деле комплексного развития сельского хозяйства нашей страны и выполнения продовольственной программы большая роль уделяется всестороннему подъему культурного уровня жизни на селе. Основными центрами этой важной и трудной работы являются в настоящее время сельские клубы. В крупных хозяйствах, как правило, клубы представляют собой Дворцы и Дома культуры, располагающие большим числом помещений для учебной и клубной работы, оснащенные необходимой техникой для озвучивания залов и кинопоказа.

Значительную пользу в деле улучшения технического оснащения клубов, красных уголков, комнат отдыха при молочно-товарных фермах и в отдаленных селениях могли бы оказать сельские радиолюбители. В сельских условиях заниматься радиолюбительским творчеством лучше всего коллективно, в радиокружках. Такие кружки обычно организуют при сельских школах и клубах. Специально для сельских радиолюбителей существует торговля радиодеталями по почте наложенным платежом. Все это содействует развитию радиолюбительства на селе С учетом возможностей приобретения деталей через Союзпосылторг автор разработал ряд конструкций, предназначенных для изготовления сельскими радиолюбителями Описания этих конструкций приведены в данной книге. При этом основной упор сделан на те из них, которые представляют наибольший интерес для молодых жителей села, школьников и комсомольцев.

В книге описаны устройства, предназначенные для ведения устной агитации и пропаганды, организации и проведения вечеров песен и танцев, праздничных концертов и концертов художественной самодеятельности. Есть здесь и такие, которые могут быть использованы в полевых условиях, например, в ходе проведения посевных и уборочных кампаний, на отдаленных пастбищах и фермах. Описание конструкций сопровождается принципиальными схемами, характеристиками, рисунками, сборочными чертежами, практическими рекомендациями по изготовлению и налаживанию аппаратуры.

Основная масса приведенных конструкций предназначена для радиолюбителей, имеющих небольшой опыт работы с транзисторами, на использование доступных деталей и узлов. Правда, в некоторых конструкциях применены интегральные микросхемы, но только там, где без них нельзя получить желаемого эффекта, а сами микросхемы выбраны из наиболее распространенных.

Безусловно, многие из описанных устройств могут быть использованы не только в условиях клуба. Их будет интересно построить и сельскому радиолюбителю, работающему самостоятельно.

Отзывы и пожелания направляйте по адресу: 101000, Москва, Почтамт. а/я 693, издательство «Радио и связь», редакция научно-популярной литературы и массовой радиобиблиотеки.

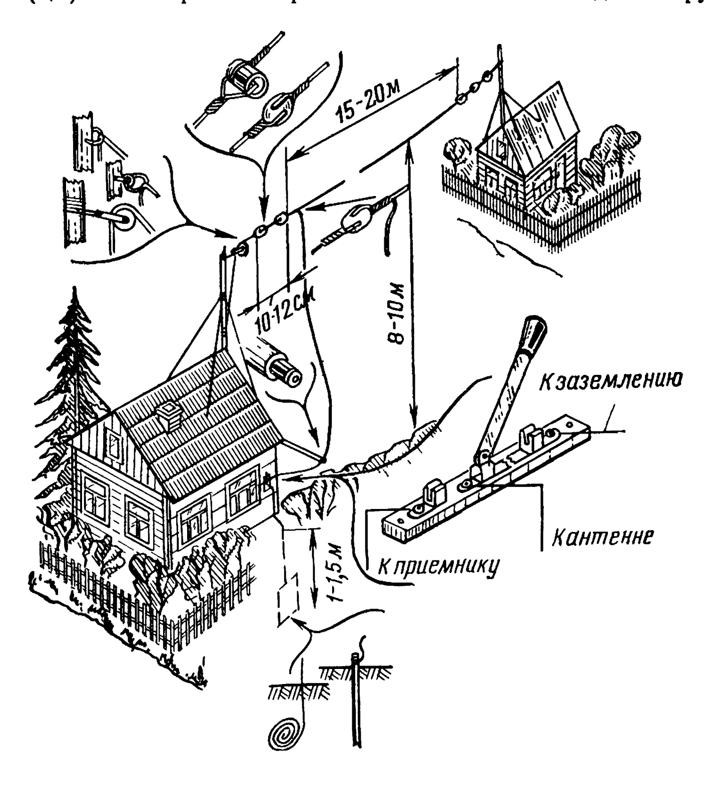
Автор

АНТЕННЫ ДЛЯ РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫХ ПРИЕМНИКОВ И ТЕЛЕВИЗОРОВ

Наружная антенна

Среди некоторых радиолюбителей бытует мнение, что наружные антенны необходимы были только старым детекторным и ламповым приемникам, а современные высокочувствительные транзисторные и ламповые приемники и радиолы могут хорошо работать с небольшим отрезком провода, вставленным в антенное гнездо, или на внутреннюю магнитную или штыревую антенну. Конечно, современный приемник может принимать на внутреннюю антенну даже очень дальние станции, но качество его работы часто бывает невысоким. Причиной этого являются внутренние шумы приемника и внешние помехи, «забивающие» полезный сигнал. Чтобы уменьшить влияние внутренних шумов, нужно работать с хорошей внешней антенной. На практике это подтверждается тем, что нередко простой приемник с наружной антенной работает лучше высококачественного с внутренней антенной.

Для приема радиосигналов в диапазонах длинных (ДВ), средних (СВ) и коротких (КВ) волн хорошими приемными свойствами обладают наружные Г-



и Т-образные антенны. Устройство Г-образной антенны показано на рис. 1. Оба типа антенн состоят из горизонтальной ветви — собственно антенны — и вертикальной — снижения антенны. Горизонтальную ветвь натягивают между двумя опорами на высоте 8—10 м от земли. Чтобы предотвратить утечку токов, наведенных в антенне, ее изолируют в точках подвеса цепочкой из двух фарфоровых изоляторов. У хорошей наружной антенны длина горизонтальной ветви не должна быть меньше 15—20 м. Для изготовления антенны можно использовать медный провод диаметром 1,5—3 мм, однако лучше всего для этой цели использовать специальный антенный канатик, свитый из нескольких жил медной проволоки. При этом горизонтальная и вертикальная ветви Г-образной антенны должны быть выполнены из одного куска провода или канатика. Снижение к Т-образной антенне обязательно припаивают.

Установку наружной антенны начинают с выбора места. Желательно, чтобы горизонтальная часть антенны располагалась над ровной поверхностью земли, свободной от деревьев и построек, или, по крайней мере, возвышалась над ними. Расстояние от крыши до горизонтальной ветви антенны должно быть не менее 2—3 м. Запрещается устанавливать антенну на расстоянии ближе 10 м от высоковольтных линий электропередачи или радиотрансляционных линий, а также использовать для крепления антенны столбы и стойки воздушных линий электропередачи и связи.

Чаще всего один конец (ближний) горизонтальной ветви антенны прикрепляют к деревянному шесту, установленному на крыше дома, второй (дальний) — к дереву или такому же шесту на крыше соседнего дома. Длина шестов на крышах домов должна быть 2,5—3 м, диаметр комля — 8—10 см, а вершин — 5—8 см. Шесты закрепляют на крыше тремя или четырьмя оттяжками из стальной проволоки диаметром около 3 мм.

Если в качестве второй опоры приходится использовать дерево, то привязывать антенну непосредственно к стволу не следует, так как в ветреную погоду она может оборваться. В этом случае к стволу привязывают блок, через который перекидывают просмоленную веревку с грузом на конце. Подбирая массу груза, регулируют натяжение антенны. Место привязки блока выбирают с таким расчетом, чтобы натянутая антенна располагалась горизонтально.

Снижение антенны вводят внутрь дома через отверстие в стене или неподвижной части оконной рамы, просверленное с наклоном в наружную сторону. На наружной стене дома рядом с просверленным отверстием устанавливают грозовой переключатель, необходимый во всех случаях использования наружной антенны для защиты приемника от статического электрического заряда, скапливающегося в ней под действием атмосферного электричества и во время грозы.

Грозопереключатель представляет собой рубильник, с помощью которого снижение антенны может быть отсоединено от приемника и «заземлено». Между ножом рубильника и нижним заземляемым зажимом имеется искровой промежуток. Когда приближается гроза, то приемник необходимо выключить, а нож грозового переключателя переключить в нижнее положение. В этом случае заряд, возникший на антенне, через грозопереключатель стечет в землю, минуя приемник. «Заземлять» наружную антенну грузопереключателем следует всякий раз, когда приемником не пользуются в течение длительного времени, например, ночью.

Грозопереключатель с приемником соединяют изолированным проводом. В просверленное в стене отверстие со стороны улицы вставляют фарфоровую втулку с воронкой, а со стороны помещения — такую же фарфоровую трубку. Затем в отверстие помещают кусок резиновой или полихлорвиниловой трубки, через которую и пропускают провод от грозопереключателя к антенному гнезду приемника.

Для наружной антенны лучше всего использовать готовый антенный набор № 2, в который входят антенный канатик, изоляторы, грозопереключатель и все другие необходимые детали и материалы, а также инструкции по установке антенны.

Надежное заземление лучше всего сделать самостоятельно, закопав в землю на глубину, где всегда влажно, большой моток проволоки или металлический предмет размерами около 0,5×1 м, к которому предварительно прочно припаи-

вают провод диаметром 1,5—3 мм. Этот провод ведут кратчайшим путем по стене дома, прикрепляя его к ней скобками или гвоздями. Если в здании есть водопровод, то в крайнем случае его труба может быть использована для подключения заземления. Для этого трубу в удобном месте, наиболее близком к приемнику, тщательно зачищают и присоединяют провод заземления либо металлическим хомутиком, либо проволочным бандажом.

Внешняя антенна позволяет даже на относительно простые ламповые приемники уверенно принимать сигналы станций Центрального радиовещания на расстоянии сотен и тысяч километров. При совместной работе с приемниками более высокого класса результаты получаются выше.

Правда, иногда бывает и так, что работа приемника ухудшается при подключении к приемнику наружной антенны. Это случается, как правило, с транзисторными переносными и карманными приемниками. При этом, с одной стороны, число принимаемых станций резко возрастает, а с другой, — станции мешают одна другой. Происходит это потому, что транзисторные приемники обладают очень высокой чувствительностью. При использовании наружной антенны, когда напряжение сигналов всех станций увеличивается примерно в 10—20 раз по сравнению с напряжением при работе с внутренней, приемник начинает работать с перегрузкой. Кроме того, начинает сказываться существенный недостаток приемников с преобразователем частоты на одном транзисторе —наличие большого числа побочных каналов приема по гармоникам частоты гетеродина. В результате вместо улучшения наблюдается ухудшение качества приема.

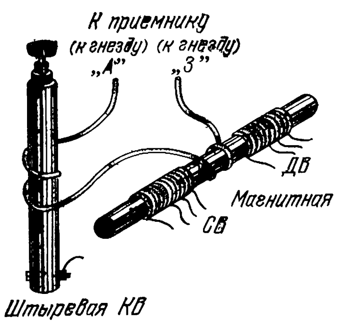


Рис. 2

Устранить указанные недостатки транзисторных приемников при работе с наружной антенной можно путем небольшой доработки. Достаточно лишь впаять в приемник проводник длиной 15—20 см, соединяющий гнезда антенны и заземления приемника между собой и одновременно охватывающий двумя-тремя витками ферритовый стержень магнитной антенны и основное колено выдвижной штыревой антенны (рис. 2). Все ранее существовавшие в приемнике соединения магнитных антенн ДВ и СВ и штыревой антенны КВ с гнездом *А* нужно отключить. Как показывает практика, такое несложное усовершенствование транзисторного приемника позволяет значительно улучшить качество его работы, увеличить число принимаемых дальних станций.

Антенны с переизлучением

При всех своих преимуществах наружным антеннам свойственны сложность в установке и ряд неудобств в эксплуатации. Во-первых, для ввода снижения и заземления необходимо сверлить или долбить наружные стены. Во-вторых, требуется постоянно принимать меры предосторожности против повреждения приемника атмосферным электричеством или ударом молнии. В-третьих, приемник оказывается «привязанным» двумя толстыми проводниками к месту ввода снижения антенны и заземления. Если для стационарных сетевых приемников все это приемлемо, то для портативных и карманных транзисторных приемников — нет.

А нельзя ли применить наружную антенну совместно с портативным приемником, не пользуясь соединительными проводниками антенны и заземления? Оказывается, можно. Например, если соединить накоротко между собой снижение наружной антенны и заземление, как показано на рис. 3, то ток с частотой принимаемых сигналов будет создавать электромагнитное поле вблизи этого соединительного проводника. Причем оказывается, что напряженность электромагнитного поля на некотором расстоянии от проводника в несколько раз больше напряженности поля, создаваемого радиостанцией в месте приема. Происходит как бы прием и переизлучение сигналов станций соединительным проводником. Если вблизи проводника поместить приемник с внутренней антенной, то

он будет улавливать энергию, не только излучаемую принимаемой станцией, но и переизлучаемую. Например, при использовании штыревой антенны, расположенной в 30—50 см от соединительного проводника, переизлучение в энергии в диапазоне КВ может увеличить напряжение сигнала на входе приемника в 3—4 раза. Антенну приемника располагают параллельно соединительному проводнику.

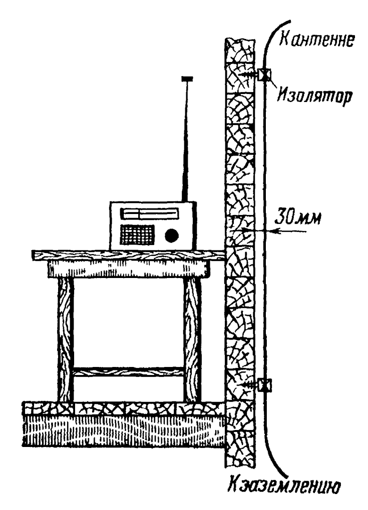


Рис. 3

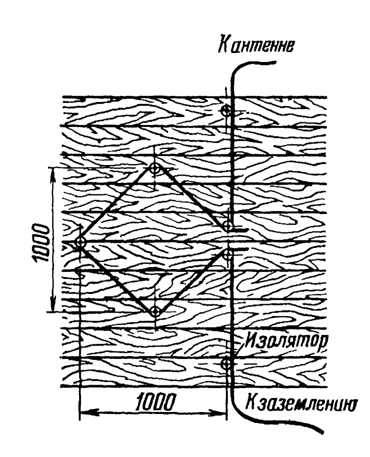


Рис. 4

Использование рассмотренного варианта применения наружной антенны дает наилучший эффект в диапазоне КВ, а на СВ и ДВ результат получается несколько хуже. Дело в том, что на СВ и ДВ применяют магнитные антенны, которые реагируют на магнитную составляющую электромагнитного поля. Для того чтобы приемник с внутренней магнитной антенной хорошо принимал переизлучение наружной антенны, необходимо проводник, соединяющий антенну и заземление, выполнить в виде рамки, показанной на рис. 4. Рамку делают в форме квадрата с диагональю 1000—1200 мм из проволоки диаметром 2,5—3 мм и закрепляют на стене здания снаружи на фарфоровых изоляторах. Рамка переизлучателя должна быть размещена так, чтобы магнитная антенна приемника приходилась примерно против центра рамки, на расстоянии 50—80 см от ее плоскости. При этом следует иметь в виду, что наибольшая громкость приема соответствует случаю, когда ось магнитной антенны перпендикулярна плоскости рамки.

Применение наружной антенны с переизлучателем позволяет значительно улучшить работу портативных и карманных транзисторных приемников.

Нередко радиолюбители допускают ошибку, полагая, что качество работы приемника будет тем лучше, чем более мощный сигнал действует на его входе. Но это справедливо лишь до известного предела. Сигнал чрезмерно большой мощности на входе приемника приводит к перегрузке, вызывая заметные искажения сигнала. Если же и селективность приемника не очень высока, то появляются дополнительные помехи, обусловленные нелинейными искажениями и перекрестными помехами. Поэтому желательно при использовании эффективных антенн дополнительно применять меры по улучшению частотной селективности приемника.

В радиолюбительской литературе описано много различных устройств, улучшающих качество приема. Например, дополнительные резонансные усилительные приставки, сложные входные многоконтурные устройства и т. п. При этом зачастую приходится серьезно переделывать приемник, что не всегда возможно. Качество работы приемника можно улучшить без его переделки, если при-

менить дополнительную рамочную антенну с переизлучением, которая улучшает не только чувствительность приемника, но и за счет резонансных свойств — частотную селективность.

Дополнительная рамочная антенна

Рамочные антенны применяют для направленного приема радиосигналов уже более 70-ти лет. С появлением более эффективных ферритовых антенн интерес радиолюбителей к приемным рамкам существенно ослаб и проявляется лишь тогда, когда иными техническими средствами нельзя или сложно добиться успеха.

Рамочная антенна обладает тем замечательным свойством, что, являясь по существу катушкой индуктивности несколько больших геометрических размеров, чем обычные контурные катушки приемника, совместно с конденсатором переменной емкости образует резонансный контур. Поэтому, принимая сигналы, эта антенна одновременно обеспечивает их предварительную частотную селективность, выделяя сигналы, частота которых близка к резонансной частоте рамки, и значительно ослабляя сигналы, частота которых существенно отличается от резонансной частоты. Особенно заметно улучшение качества приема с рамочной антенной на СВ и ДВ.

На рис. 5 приведена принципиальная схема рамочной антенны *Ан1* с переизлучением на магнитную антенну *Ан2* портативного или карманного приемника. Наилучшие результаты получаются в том случае, когда продольная ось магнитной антенны перпендикулярна к плоскости **рамки, а** сама плоскость рамки вертикальна и параллельна направлению на радиостанцию.

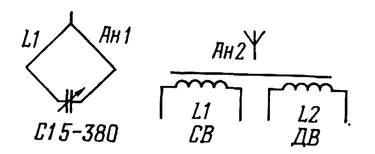


Рис. 5

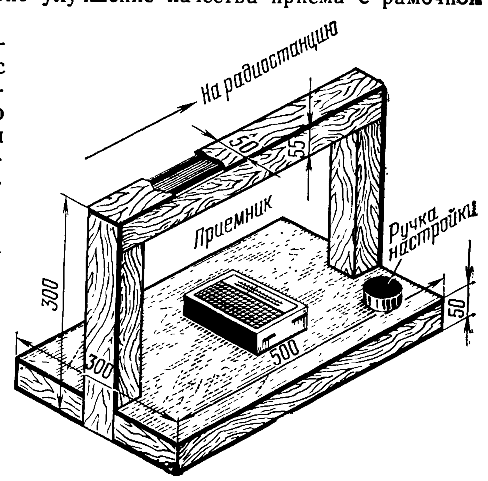


Рис. 6

На рис. 6 показана конструкция рамочной антенны с переизлучением на магнитную антенну транзисторного приемника в диапазоне СВ или ДВ. Выбор диапазона принимаемых волн определяет число витков рамочной антенны. Рамочная антенна представляет собой деревянную рамку с намотанной по ее периметру катушкой, закрепленную на фанерной коробке. Конденсатор переменной емкости, которым настраивают рамочную антенну на желаемую частоту, размещают в коробке-основании и снабжают ручкой настройки. Катушку наматывают проводом ПЭВ-2 0,8 в жёлобе, прорезанном по периметру рамки. Для диапазона СВ рамка должна содержать 10 витков, для ДВ —30 витков провода. Для ДВ рамку можно намотать проводом ПЭВ-2 0,6. Конденсатор переменной емкости может быть любым, в том числе и от карманного приемника. Если емкость одной секции конденсатора не более 360 пФ, то обе секции включают параллельно.

Работают с описанной рамочной антенной следующим образом. Включают питание транзисторного приемника и настраивают его на какую-либо станцию в диапазоне СВ или ДВ. Приемник кладут на основание рамочной антенны, как показано на рис. 6, и вращением ручки настройки рамочной антенны добиваются увеличения громкости звучания приемника. Затем, плавно поворачивая

рамочную антенну с приемником вокруг вертикали, находят такое положение антенны, при котором достигается наилучшее качество приема. В дальнейшем можно регулировать громкость звучания приемника его регулятором громкости.

Рамочной антенной можно пользоваться и иначе, например, для поиска дальних, слабо слышимых станций. Для этого плоскость ее рамки направляют в желаемую сторону, приемник размещают, как показано на рис. 6, и вращением ручки настройки приемник настраивают на требуемый участок диапазона волн. Затем вращают ручку настройки рамочной антенны до тех пор, пока не будет достигнуто наибольшее усиление сигналов станций. Далее подстраивают приемник и находят требуемую станцию. Хорошие селективные свойства рамки сохраняются при расстройке частоты приемника в полосе 10—50 кГц на СВ и 6—30 кГц на ДВ.

Несомненным достоинством рамочной антенны с переизлучением на магнитную антенну транзисторного приемника является удобство использования ее в различных условиях, когда применение внешних антенн затруднено. При этом, несмотря на простоту, она увеличивает напряжение сигнала на входе приемника в 2—3 раза и дополнительно улучшает селективность по зеркальному каналу на 16—20 дБ и на 3—4 дБ по соседнему каналу.

Антенны для приема телевидения

Как известно, передачи телевидения ведут в диапазонах метровых и дециметровых волн (МВ и ДМВ), распространение которых в основном происходит в пределах прямой видимости антенн телевизионного центра с места приема. В настоящее время основным для телевизионного вещания является диапазон МВ, вещание на ДМВ только осваивается. Для вещания на МВ отведено 12 частотных каналов, на ДМВ — 20.

Особенностью приема телевидения является относительная сложность приемных антенн, обусловленная свойствами используемых волн. Эти антенны, как правило, обладают выраженной направленностью приема и определенными резонансными свойствами. Промышленность выпускает множество самых различных телевизионных приемных антенн. Наибольшее распространение получили антенны типа «волновой канал». Одни из них предназначены для индивидуального пользования, другие — для коллективного. Их устанавливают на крышах многоквартирных домов.

Антенны «волновой канал» могут быть одноканальными, двухканальными и широкополосными, т. е. перекрывающими весь метровый диапазон телевидения. Одноканальные антенны обладают наиболее резко выраженными резонансными свойствами, поэтому они хорошо работают только в одном каком-либо частотном канале. Широкополосные антенны обладают слабыми резонансными свойствами, поэтому они в меньшей степени, чем одноканальные, усиливают принятые сигналы, но зато могут работать без перестройки в нескольких (а некоторые виды — даже во всех 12) каналах.

Наиболее доступной и распространенной широкополосной телевизионной антенной, работающей в любом из 12-ти каналов МВ, является антенна ТАИ-12 (Телевизионная Антенна Индивидуальная на 12 каналов). Она обладает небольшим усилением, поэтому может быть использована для уверенного приема телевидения на удалении не более 30—50 км от телецентра.

Лучшими характеристиками обладают одноканальные антенны ТВК-3, ТВК-5, ТВК-7 и ТВК-11 (буквенный индекс означает Телевизионный Волновой Канал, а цифра указывает на число элементов антенны). Большее число элементов соответствует лучшей направленности антенны, большему усилению по данному частотному каналу. Поскольку каждый тип антенны предназначен для работы в конкретном канале, то в его условное обозначение введен также индекс, указывающий номер (или номера) каналов, в котором антенна дает наилучшие результаты. Например, пятиэлементная антенна ТВК-5/7 рассчитана для работы в канале 7, хотя может принимать сигналы в соседних каналах: 5-м, 6-м, а также 8-м и 9-м. Поэтому при выборе антенны для клуба необходимо знать номер канала, на котором работает ближайший телецентр.

Чаще всего телецентр ведет передачи на нескольких, обычно разнесенных по частоте каналах. Для таких условий приема выпускают многоканальные антен-

ны. Например, семиэлементная антенна ТВК-7/1,4 предназначена для приема в каналах 1 и 4. Наибольшей широкополосностью обладает антенна ТВК-7/6-12, которая перекрывает каналы с 6-го по 12-й. Для широкополосного приема на первых двух каналах используют логарифмически-периодическую антенну ТЛП/1-5. Все перечисленные выше телевизионные антенны могут обеспечить уверенный прием программ на расстоянии до 50—80 км от телецентра средней мощности, а от Московского — до 100—120 км и более.

В радиолюбительской литературе широко освещено самостоятельное изготовление антенн для телевидения, особенно антенн «волновой канал». Но, как показывает практика, такие самодельные антенны действительно могут дать хорошие результаты только при условии тщательного соблюдения размеров элементов антенн, технологии изготовления их и согласования с высокочастотным кабелем, соединяющим антенну с телевизором. Несоблюдение указанных требований резко снижает качество приема, а в отдельных случаях полностью исключает его. Поэтому, конечно же, лучше приобрести готовые антенны на требуемый канал или каналы. При этом следует иметь в виду, что по мере увеличения числа элементов антенны и уменьшения числа перекрываемых каналов увеличивается дальность и улучшается качество приема.

В качестве примера на рис. 7 приведены сравнительные характеристики нескольких одноканальных (сплошная линия) и двухканальных или многоканальных (штриховая линия) телевизионных антенн. Сравнение проведено по усилению G антенн в зависимости от числа n элементов и числа перекрываемых частотных каналов. Жирные вертикальные линии, соединяющие точки, показывают ширину зоны разброса усиления антенны. Как видно из рис. 7, многоканальность снижает усиление антенны примерно на 3—5 дБ, что соответствует уменьшению напряжения сигнала на входе телевизора в 1,4—1,7 раза.

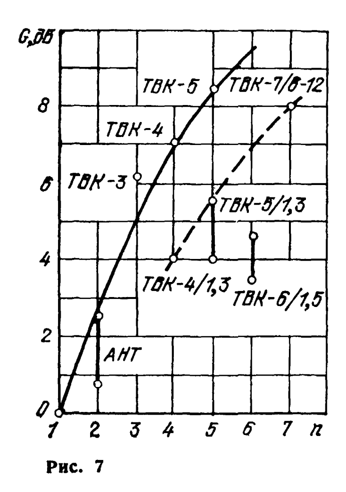


Рис. 7

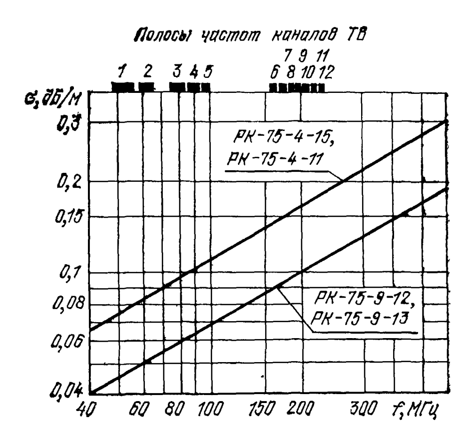


Рис. 8

Следует помнить, что даже самая эффективная антенна не сможет обеспечить высококачественной работы телевизора, если не будет обеспечено согласование антенны с высокочастотным кабелем, либо сам кабель окажется низкого качества или не той марки, которая требуется. Для подключения антенн описанных видов к телевизору применяют главным образом радиочастотные кабели с волновым сопротивлением 75 Ом. Это кабели РК-75-4-15, РК-75-4-11, РК-75-9-12 и РК-75-13. Если в обозначении после букв РК (Радиочастотный Кабель) следует другое число, например, 50 или 90, то такой кабель, имеющий волновое сопротивление 50 или 90 Ом соответственно, непригоден для связи с рассмотренными антеннами.

В тех случаях, когда существует возможность выбора кабеля, следует учитывать следующие обстоятельства. В первую очередь надо выбирать кабель с наименьшими потерями на частоте используемых каналов. В этом может помочь

график, показанный на рис. 8, где дана зависимость погонного затухания мощности сигнала от частоты для указанных выше кабелей. Если считать, что антенна установлена на крыше клуба и длина фидера (кабеля снижения от антенны до телевизора) может достигать 15 м, то на частоте канала 5 (100 МГц) суммарные потери мощности сигнала в кабеле будут равны 1,5 дБ для первых двух из названных выше марок и около 1 дБ для остальных.

График показывает, что различие в затухании для рассматриваемых кабелей значительно: всего около 20% по напряжению входного сигнала. Но эта разница будет возрастать с увеличением номера канала и протяженности кабеля.

Особенностью телевизионных антенн «волновой канал», а также логопериодических антенн простейших вибраторов является необходимость подключения кабеля к антенне через специальное согласующее устройство. Без него качество приема резко ухудшится, возникнут помехи изображения в виде многоконтурности, срыва синхронизации и т. п. Обычно резкое ухудшение качества приема телевидения при исправном телевизоре связано именно с неисправностью кабеля или согласующего устройства. Согласующее устройство изготовляют из отрезков коаксиального кабеля определенной длины, соединенных между собой, с антенной и фидером. Размеры отрезков, их число и распайка должны соответствовать типу антенны Готовые телевизионные антенны обычно выпускают укомплектованными согласующим устройством. Самодельное согласующее устройство легко изготовить самостоятельно, пользуясь описаниями в литературе по телевизионным антеннам (некоторые издания указаны в списке литературы в конце этой книги).

Возможно, что приобрести готовую телевизионную антенну клубу не удастся. Тогда радиолюбители могут сделать ее самостоятельно. Как показала многолетняя практика, наиболее приемлемой для любительских условий является зигзагообразная антенна.

Зигзагообразная телевизионная приемная антенна представляет собой две последовательно соединенные рамочные антенны, размеры которых соответствуют принимаемым частотным каналам. Впервые зигзагообразная антенна для телевизионного приема была предложена в 1962 г. инженером, а ныне канд. техн.

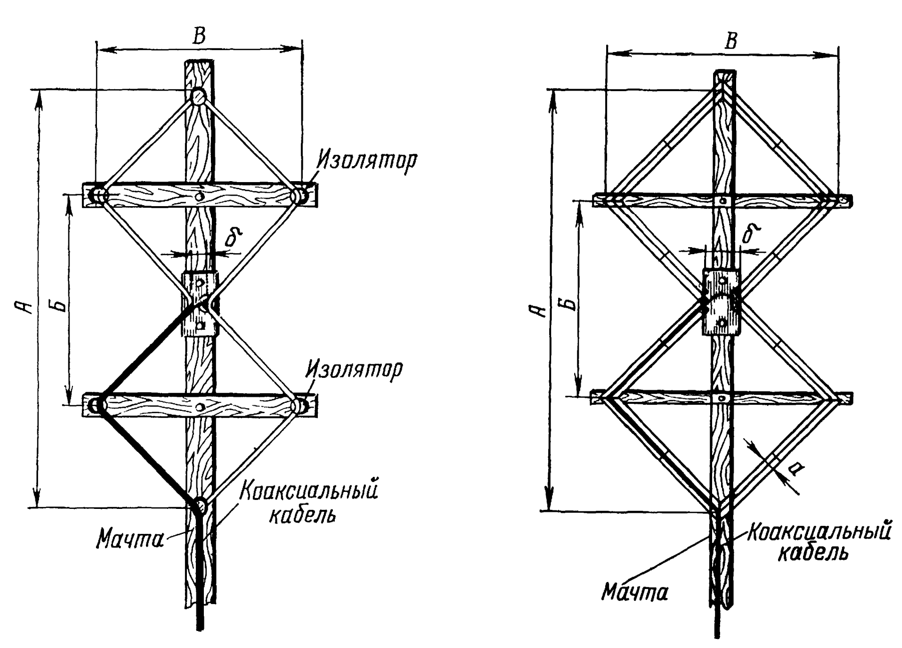


Рис. 9

наук К. Харченко. Ее можно изготовить из металлической трубки или толстого медного провода. Вид трубчатой зигзагообразной антенны показан на рис. 9,*а*, проволочной — 9,*б*.

Несомненным достоинством этой антенны является то, что для ее нормальной работы не требуется согласующего устройства: кабель подключают непосредственно к трубкам в средней узкой части антенны. Резонансные свойства зигзагообразных антенн зависят от материалов, из которых они выполнены, и размеров. Трубчатые антенны, как правило, делают одноканальными. Они обладают наилучшими приемными свойствами в выбранном канале. Основные размеры антенны приведены в табл. 1. При этом для каналов 1—5 внешний диаметр трубки должен быть в пределах 8—16 мм, а для каналов 6—12 — 4—8 мм. Кабель прикрепляют к тому из плеч нижнего квадрата (рис. 9), к которому припаяна оплетка кабеля.

Таблица 1

Каналы	А, мм	Б, мм	В, мм
1	4850	2420	2420
2	4100	2050	2050
3	3200	1600	1600
4	2900	1450	1450
5	2670	1330	1330
6	1440	720	720
7	1370	685	685
8	1320	660	660
9	1270	635	635
10	1220	610	610
11	1170	585	585
12	1130	565	565
1—5	3400	1700	1700
6—12	950	475	475

Примечание. Расстояние *б* между выходными точками одноканальных антенн должно быть 10—15 мм для каналов 1—5 и 7—10 мм для каналов 6—12. У многоканальных антенн это расстояние должно быть равно 100 мм для каналов 1—5 и 28 мм для каналов 6—12. Размер a=60 мм.

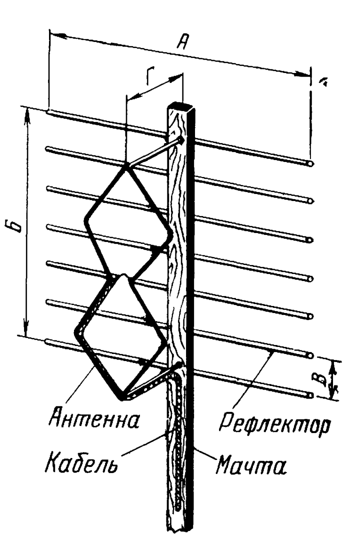


Рис. 10

Для изготовления полотна антенны лучше всего подойдет антенный канатик толщиной 2—3 мм, но можно использовать одножильный провод такого же диаметра. На сгибах рамки провод необходимо припаивать к медным или латунным планкам.

Стойку антенны изготовляют из соснового бруска сечением 60×60 мм, а поперечные планки — из такого же бруска сечением 40×40 мм. Посередине между поперечными планками устанавливают пластинку из листового изоляционного материала, например, гетинакса или органического стекла, которая будет служить основанием для монтажа выводов кабеля к антенне.

Описанные варианты зигзагообразной антенны обладают относительно большим усилением, достигающим 6—10 дБ, как у антенны «волновой канал» с числом элементов, равным 5 или 7. Но у зигзагообразной антенны есть недостаток, свойственный одноэлементным антеннам, она имеет максимум усиления в обоих направлениях, перпендикулярных к плоскости антенны. В результате этого возможно действие помех со стороны других телецентров, расположенных позади антенны. Устранить этот недостаток можно путем установки за антенной экрана-рефлектора в виде ряда отрезков трубки, расположенных в вертикальной плоскости, как показано на рис. 10. Рефлектор может быть выполнен и из отрезков проволоки, натянутых на деревянный каркас. Можно использовать такой же провод или антенный канатик, что и для рамки антенны. Размеры стержней рефлектора, расстояние между ними и положение относительно плоскости ан-

тенны зависят от принимаемого канала. Для широкополосных антенн, показанных на рис. 9, эти размеры указаны в табл. 2. Как показала практика, зигзагообразная антенна с рефлектором имеет усиление мощности сигнала на 2—3 дБ больше, чем без него, что равносильно увеличению напряжения сигнала на входе телевизора на 30—40%.

Таблица 2

Каналы	А, мм	Б, мм	В, мм	Г, мм
1—5	4000	3200	620	300
6—12	1170	900	175	130

При установке антенн на крыше клуба необходимо позаботиться и об их устойчивости к воздействию ветровой нагрузки. Эту устойчивость можно повысить тремя или четырьмя растяжками из стальной проволоки диаметром 3—5 мм. При этом желательно, чтобы антенна не находилась в «тени» других более высоких зданий или высоковольтных линий электропередачи по направлению на телецентр. В противном случае возможно появление различных помех или уменьшение мощности сигнала.

Дальнейшее увеличение дальности приема может быть достигнуто за счет применения многоэтажных синфазных антенн, изготовление которых требует высокой квалификации и в любительских условиях затруднено.

Дальность приема можно увеличить также путем применения антенного усилителя, включаемого между выходом антенны и кабелем или между кабелем и антенным входом телевизора. Широкий выбор таких усилителей выпускает промышленность. Их применение наиболее оправдано и дает хорошие результаты при относительно длинном кабеле и в тех случаях, когда внутренние шумы телевизора не заметны на его экране при просмотре программ. Достаточно использовать антенный усилитель, повышающий мощность сигнала на 10—12 дБ, чтобы получить заметное улучшение качества изображения.

Усилитель для телевизионной антенны

На рис. 11 изображена схема относительно простого антенного усилителя, предназначенного для работы на каналах 1—5. В среднем он увеличивает мощность сигнала на входе телевизора на 10—13 дБ, что соответствует повышению напряжения в 3—4 раза. При этом удается повысить устойчивость работы системы синхронизации телевизора и улучшить четкость изображения.

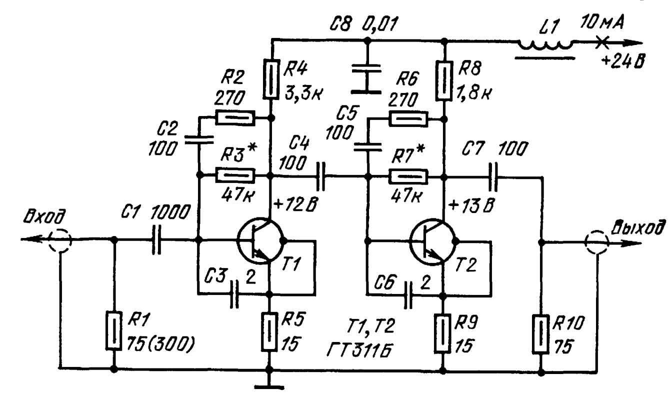


Рис. 11

Усилитель содержит две апериодические ступени усиления на транзисторах *Т1* и *Т2*. Усилительные возможности транзисторов позволяют использовать этот усилитель и на более высокочастотных каналах, вплоть до 10-го, но с меньшим усилением — всего до 6—8 дБ.

Для обеспечения возможно большего усиления в широкой полосе частот коллекторный ток транзисторов выбран относительно большим, около 5 мА. Между коллектором и базой каждого транзистора включены корректирующие *RC*-цепи (*R2C2* и *R6C5*), а между базой и эмиттером — конденсатор малой емкости. Это позволяет, с одной стороны, повысить усиление на высших частотах, а с другой — ограничить его на низших. В результате усиление сигнала в некотором интервале частот примерно одинаково.

Усилитель монтируют на печатной плате, чертеж которой показан на рис. 12. Для изготовления усилителя подойдут постоянные резисторы МЛТ-0,5, постоянные конденсаторы КТ-2. Дроссель *L1* в цепи питания намотан на стержень диаметром 5,3 мм и длиной 20 мм из феррита 400 НН и содержит 20 витков провода ПЭВ-1 0,2.

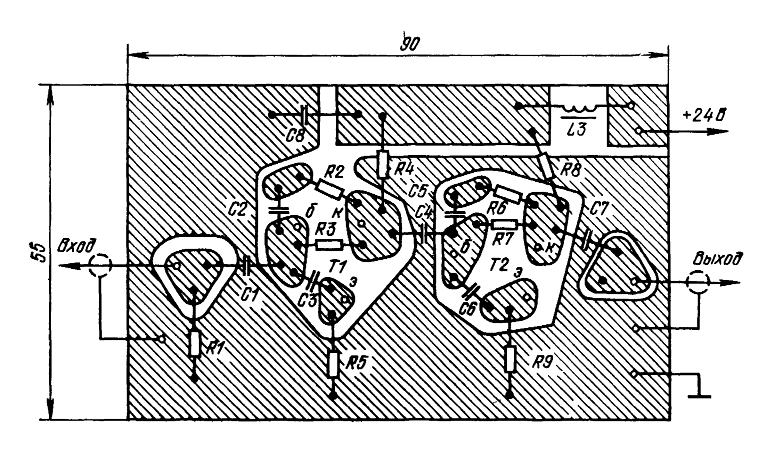


Рис. 12

Налаживание усилителя состоит в подборке резисторов, отмеченных на схеме звездочками, для установки требуемого режима работы каждого транзистора по постоянному току. Режим контролируют, измеряя миллиамперметром коллекторный ток в точке, отмеченной на схеме крестом.

Собранный и налаженный усилитель следует поместить в металлический экранирующий фильтр и испытать совместно с телевизором. Если при подключении усилителя между выходом кабеля и антенным входом телевизора заметно улучшается контрастность изображения, повышается стабильность синхронизации, то это означает, что усилитель работает нормально Его лучше всего установить вблизи антенны, например, на чердаке здания или у основания антенны, защитив от непогоды дополнительной влагозащитной коробкой.

Для питания антенного усилителя требуется источник постоянного тока напряжением 20—24 В. Лучше всего применить сетевой блок питания и подвести ток от него к усилителю хорошо изолированными проводами. Удобно воспользоваться отрезком радиочастотного кабеля, проложенным параллельно кабелю снижения (фидеру). Питание усилителя нужно включать и выключать одновременно с телевизором

Может получиться так, что применение антенного усилителя одновременно с улучшением контрастности изображения приведет к появлению на экране телевизора множества мерцающих точек, ухудшающих изображение. Это свидетельствует о большом уровне внутреннего шума антенного усилителя. Уменьшить или даже устранить шум можно уменьшением коэффициента усиления, например, снижением напряжения питания до 15 В.

Комнатная антенна для диапазона УКВ

Многие современные радиовещательные приемники имеют наряду с другими и диапазон ультракоротких волн (УКВ). Прием сигналов на этом диапазоне отличается высокой верностью воспроизведения, малым уровнем помех и возможностью прослушивания стереофонического радиовещания. Для обеспечения нормальной работы приемника в диапазоне УКВ требуется специальная антенна. Обычно портативные приемники снабжают встроенной телескопической штыревой антенной, а стационарные — встроенным проволочным диполем.

В обоих случаях уверенный прием возможен лишь на относительно небольшом расстоянии от радиостанции. Лучшие результаты можно получить, если использовать комнатную телевизионную антенну с двумя штырями. Подбором длины штырей и их пространственного положения можно найти оптимальные условия приема. Но такие антенны громоздки и недолговечны.

Весьма эффективна на УКВ рамочная антенна, устройство которой показано на рис. 13. Для изготовления антенны можно использовать медную или алюминиевую проволоку диаметром 3—4 мм, изогнув ее в виде семилепесткового цветка. Оба конца рамки изолируют один относительно другого и подпаивают к симметричному двухпроводному кабелю КАТВ с волновым сопротивлением 300 Ом.

Рамку закрепляют в стойке, запрессованной в основание Стойка и основание выполнены из прочной древесины, например, дубовой или буковой Общая длина проволоки для рамки — 2600 мм Рамку можно составить из нескольких отрезков проволоки, хорошо пропаянных в местах стыка.

К достоинствам этой антенны следует отнести высокую жесткость, относительно небольшие размеры и возможность поворота рамки антенны. Это позволяет найти наилучшее положение рамки, при котором обеспечивается уверенный прием желаемой станции и подавление помех со стороны мешающих станций. Наилучший прием обычно соответствует случаю, когда плоскость рамки перпендикулярна направлению на станцию.

Рис. 13

Конечно, возможности комнатной УКВ антенны весьма скромны по сравнению с многоэлементными антеннами телевизоров, установленными на высоких мачтах. Поэтому, если радиостанция удалена на расстояние более 30—40 км, то лучше всего применять наружные многоэлементные широкополосные антенны, перекрывающие первые 4—6 каналов телевидения. При необходимости многоэлементная телевизионная антенна может быть использована и для радиовещательного приемника в диапазоне УКВ. К сожалению, одновременная работа телевизора и приемника от одной антенны исключена из-за больших помех со стороны телевизора (его генератора строчной развертки).

УСИЛИТЕЛИ НЧ С АВТОНОМНЫМ ПИТАНИЕМ

Те, кто работал в поле во время сева или на уборке урожая, знают, как приятно бывает в период короткого обеденного перерыва или отдыха послушать музыку или радиопередачу Обычно для этой цели пользуются переносными радиоприемниками или магнитофонами, выходная мощность которых обычно не превышает 0,5—1 Вт, тогда как для прослушивания радиопередач на открытом воздухе требуется выходная мощность не менее 3—5 Вт. Такую мощность можно получить от дополнительного усилителя мощности НЧ, питающегося, например, от батареи гальванических элементов общим напряжением

20—24 В или автомобильной аккумуляторной батареи напряжением 12 В. В крайнем случае можно использовать мотоциклетную батарею аккумуляторов напряжением 6 В.

Самые простые и доступные усилители мощности не содержат регуляторов громкости и тембра, а их вход подключают к приемнику или магнитофону вместо встроенной динамической головки громкоговорителя. Такие усилители содержат от четырех до восьми транзисторов.

Усилители другого вида рассчитаны на подключение своим входом к линейному выходу приемника или магнитофона, выходное напряжение которых не превышает 200—300 мВ, а выходное сопротивление исчисляется десятками или сотнями килоом. Поэтому число транзисторов в таком усилителе обычно больше из-за необходимости дополнительного усиления сигнала. Эти усилители часто снабжают регулятором громкости и регуляторами тембра. Ниже описаны несколько подобных усилителей мощности НЧ.

Усилитель НЧ мощностью до 15 Вт

На рис. 14 изображена принципиальная схема простого усилителя с трансформаторным входом и бестрансформаторным выходом, содержащего четыре германиевых транзистора и обеспечивающего интервал воспроизводимых частот 40—12 000 Гц. Усилитель рассчитан для совместной работы с громкоговорителем, имеющим входное сопротивление не менее 4 Ом при напряжении питания 12 В. При необходимости усилитель может нормально работать при

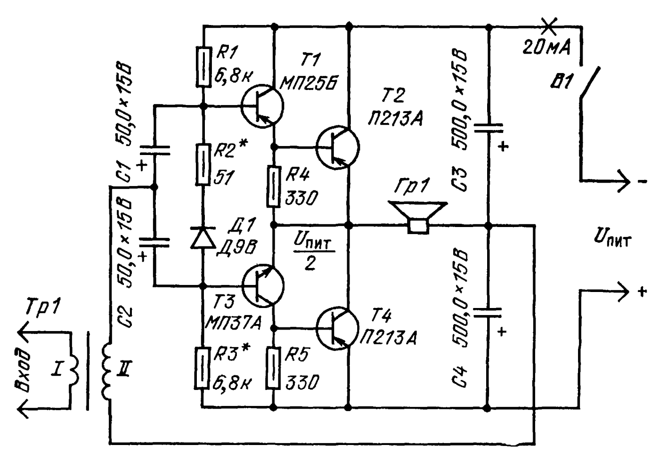


Рис. 14

пониженном до 6 В или повышенном до 24 В напряжении питания. Каких-либо регулировок и коррекций режима работы транзистора при этом не требуется. Максимальная выходная мощность и потребляемый от батареи ток зависят от напряжения питания и сопротивления нагрузки усилителя. Эта зависимость представлена в виде табл 3.

Как видно из табл. 3, при изменении сопротивления нагрузки от 4 до 32 Ом и напряжения питания от 6 до 24 В выходная мощность изменяется от 0,15 до 12 Вт При отсутствии сигнала ток покоя усилителя должен находиться в пределах 15—25 мА. При меньшем токе покоя увеличиваются искажения сигнала при работе с малой мощностью, а при большем — увеличивается бесполезный расход тока от батареи и повышается температура корпуса оконечных транзисторов.

Входной сигнал к усилителю удобнее всего подавать экранированным кабелем с ответной частью выходного разъема аппарата — источника сигнала (приемника или магнитофона). Первая ступень каждого плеча усилителя выполнена по широко известной схеме эмиттерного повторителя. Положительные полу-

периоды электрических колебаний входного сигнала усиливаются по току плечом на транзисторах *Т3* и *Т4*, отрицательные — на *Т1*, *Т2*. Начальное смещение на эмиттерных переходах транзисторов *Т1* и *Т3* формирует делитель напряжения *R1R2Д1R3*. В связи с тем, что эмиттерный повторитель не дает усиления по напряжению, а для получения максимальной выходной мощности требуется, чтобы амплитуда напряжения сигнала на базах транзисторов *Т1* и *Т3* равнялась 60—70% напряжения питания, напряжение входного сигнала повышается входным трансформатором *Тр1*. Первичная обмотка этого трансформатора должна содержать около 150 витков, а вторичная — примерно 1800 (коэффициент трансформации — 12). Можно использовать выходной трансформатор от лампового приемника II—IV классов, имеющий близкие параметры. Его вторичную обмотку (низкоомную) используют в качестве первичной.

Таблица 3

Напряжение питания, В	Сопротивление нагрузки, Ом			
	4	8	16	32
6	0,75 / 180	0,5 / 110	0,3 / 55	0,15 / 35
9	1,7 / 280	1,2 / 150	0,8 / 80	0,4 / 50
12	2,6 / 400	2 / 220	1,1 / 110	0,55 / 66
16	5 / 500	3 / 250	2 / 150	1 / 85
20	8 / 650	5,3 / 380	2,6 / 170	1,3 / 90
24	12 / 800	7,5 / 420	4 / 220	2 / 110
28	15 / 900	10 / 500	5,5 / 560	2,8 / 140

Примечание. В числителе указана мощность (в ваттах), в знаменателе — потребляемый ток (в миллиамперах).

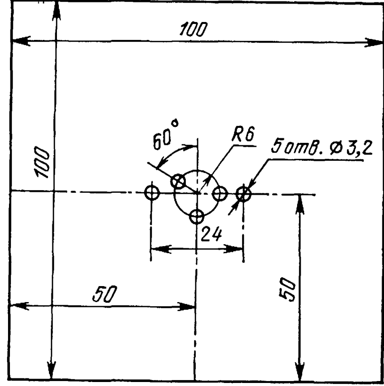


Рис. 15

Особенностью усилителя является то, что нагрузка *Гр1* включена между точкой соединения эмиттера транзистора *Т2* с коллектором транзистора *Т4* и общей точкой двух последовательно соединенных конденсаторов *С3* и *С4*, а вторичная обмотка трансформатора *Тр1* включена между общей точкой конденсаторов *С3* и *С4* и базами транзисторов *Т1* и *Т3* через конденсаторы *С1*, *С2*. Такое включение позволяет значительно повысить устойчивость работы усилителя при заметном снижении напряжения питания, а также при питании от нестабилизированного сетевого блока.

Длительная работа усилителя с выходной мощностью более 1—2 Вт возможна лишь при установке мощных транзисторов на теплоотводы. Весьма желательно применение готовых ребристых теплоотводов. При их отсутствии можно обойтись самодельными, изготовленными из листового дюралюминия толщиной 3—5 мм (рис. 15). Если усилитель будет работать с выходной мощностью не более 8 Вт, то длину каждой из сторон пластины можно уменьшить вдвое. Транзистор монтируют на пластине-теплоотводе с помощью фланца. Для улучшения теплоотдачи от корпуса транзистора соприкасающиеся поверхности транзистора и пластины надо смазать тонким слоем вазелина, а саму пластину установить вертикально. Необходимо иметь в виду, что корпус транзисторов П213 (и многих других) электрически соединен с выводом коллектора. Поэто-

му при установке теплоотвода в усилитель следует надежно изолировать его от других деталей и проводников.

В усилителе можно применить транзисторы различных серий. Например, транзисторы *Т2* и *Т4* могут быть выбраны из серий П213—П216, желательно только чтобы транзисторы имели близкие значения статических коэффициентов передачи тока базы. Транзистор *Т1* может быть любым из серий МП25, МП26, МП20, МП21. В том случае, когда предполагается использовать источник питания напряжением не более 15 В, возможно применение еще более широкого ассортимента транзисторов: серий МП39—МП42 (*Т1*) и МП36—МП38 (*Т3*).

Электролитические (оксидные) конденсаторы могут быть применены любые, емкостью от указанной на схеме до вдвое большей. Постоянные резисторы — МЛТ-05. Диод *Д1* — Д9В, Д9Г или Д18. Трансформатор *Тр1* можно намотать самостоятельно на магнитопроводе Ш16×24. Обмотку *I* наматывают проводом ПЭЛ 0,33, а обмотки *II* — проводом ПЭЛ 0,12.

Детали усилителя смонтированы на плате из фольгированного гетинакса, чертеж которой показан на рис 16 Плата рассчитана на использование оксидных конденсаторов К50-3А (*С3* и *С4*).

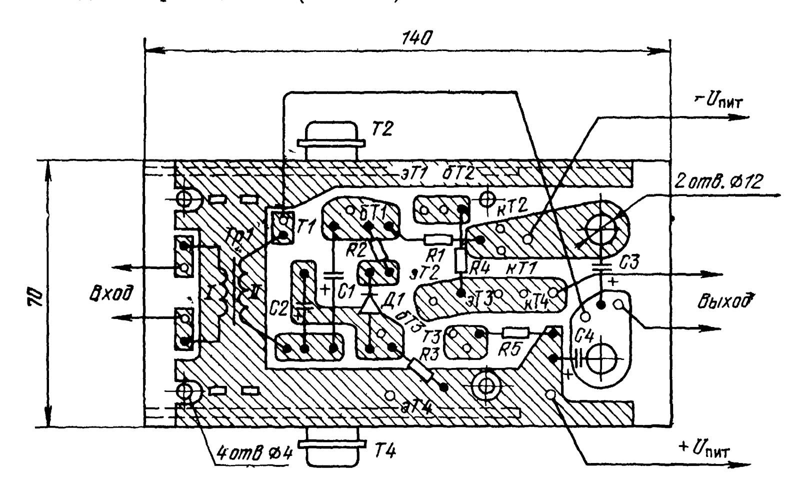


Рис. 16

Для питания усилителя можно применить батарею, составленную из нескольких элементов 373 Если использовать восемь элементов, то в самом начале эксплуатации напряжение питания в отсутствие сигнала будет равно 12 В. При работе с максимальной мощностью оно снизится сначала до 10 В, затем — до 8 В.

При использовании батареи элементов следует учитывать, что они могут нормально работать в течение гарантированного срока только в том случае, когда потребляемый ток не превышает допустимого предела. Для элементов 373 он равен 300—400 мА В соответствии с этим напряжение питания свежей батареи не должно превышать значения, соответствующего максимальному потребляемому току, указанному в табл 3

В случае необходимости для свежих батарей 373 можно допустить кратковременное потребление тока до 600 мА Например, при сопротивлении нагрузки 4 Ом и напряжении питания 20 В это позволит увеличить выходную мощность до 8 Вт. Обычно это условие кратковременности перегрузки легко выполняется при усилении музыкальных фонограмм и воспроизведении речи. Поэтому для усилителя целесообразно использовать батарею из 12 элементов 373, имеющую начальное напряжение около 18 В, когда максимальная выходная мощность достигает 7 Вт при потребляемом токе не более 600 мА. На рис. 17 показан внешний вид усилителя, снабженного двумя кассетами элементов 373 по шесть штук в каждой. Кассеты использованы от любого портативного прием-

ника серии «Океан». Для получения начального напряжения 24 В лучше всего использовать две кассеты от приемника «Рига-103», в каждой из которых размещается по восемь элементов.

При отсутствии элементов 373 можно использовать батареи 3336, соединенные последовательно. Они допускают ток нагрузки до 300 мА. В среднем напряжение нагруженной батареи равно 3,5 В. Это значит, что при сопротивлении нагрузки усилителя 4 Ом можно последовательно соединить три батареи 3336, при сопротивлении 8 Ом — четыре или пять, а при 16 Ом — шесть или семь таких батарей.

В полевых условиях усилитель можно питать и от аккумуляторных батарей напряжением 6, 12 или 24 В. Аккумуляторные батареи допускают разрядный ток, значительно больший, чем потребляемый усилителем. Поэтому при аккумуляторном питании следует учитывать только энергетические возможности усилителя.

Практика повторения конструкции описанного усилителя НЧ большим числом радиолюбителей показывает, что собранный без ошибок из исправных деталей усилитель начинает работать сразу, не требуя дополнительного налаживания. Из возможных ошибок при монтаже наиболее часто допускают следующие: включают в неправильной полярности один или несколько оксидных конденсаторов, диод *Д1*, путают выводы транзисторов. Для того чтобы убедиться в соответствии характеристик собранного усилителя указанным выше, достаточно измерить ток покоя, т. е. ток, потребляемый усилителем при отсутствии сигнала (должен быть равен примерно 20 мА), и постоянное напряжение между эмиттером транзистора *Т2* и плюсовым вы водом источника питания (должно быть равно половине напряжения ис точника питания). В противном случае потребуется подобрать резистор *R2*, добиваясь требуемого напряжения. Требуемый ток покоя устанавливают подборкой диода *Д1*. Если ток покоя превышает 30—40 мА и подборка диода *Д1* не дает нужного результата, параллельно (в той же полярности) этому диоду подключают еще один диод того же типа

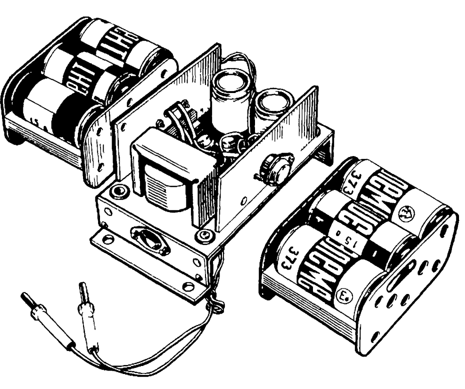


Рис. 17

Описанный усилитель может обеспечивать весьма высокое качество воспроизведения речевых и музыкальных сигналов при подключении его входа к выходу усилителя НЧ карманных и переносных приемников, кассетных магнитофонов с выходной мощностью 100—200 мВт и более. Собственную динамическую головку аппарата — источника сигнала — следует отключать.

Мостовой усилитель мощности НЧ

Усилители с бестрансформаторным выходом широко применяют в любительской и промышленной аппаратуре благодаря их простоте и надежности. Однако для получения выходной мощности, положим, более 15 Вт требуется применение источника питания напряжением более 30 В В устройствах с питанием от сети переменного тока это не приводит к особым трудностям, но при автономном питании создает ограничение в наращивании выходной мощности. Большие энергетические возможности автомобильных двенадцативольтных аккумуляторных батарей реализовать затруднительно, а при соединении последовательно двух или трех батарей источник питания становится слишком громоздким и тяжелым.

Оказывается, можно получить довольно большую выходную мощность при использовании всего одной аккумуляторной батареи на 12 или 24В, если вы-

полнить усилитель по мостовой схеме (рис. 18). При напряжении питания 12 В и сопротивлении нагрузки 4 Ом этот усилитель развивает выходную мощность до 10 Вт, потребляя ток около 1,5 А. При повышении напряжения питания до 24 В выходная мощность достигнет 40 Вт, а потребляемый ток увеличится до 3,3 А. Для оценки характеристик усилителя при иных сопротивлениях нагрузки и напряжения питания удобно пользоваться табл. 4.

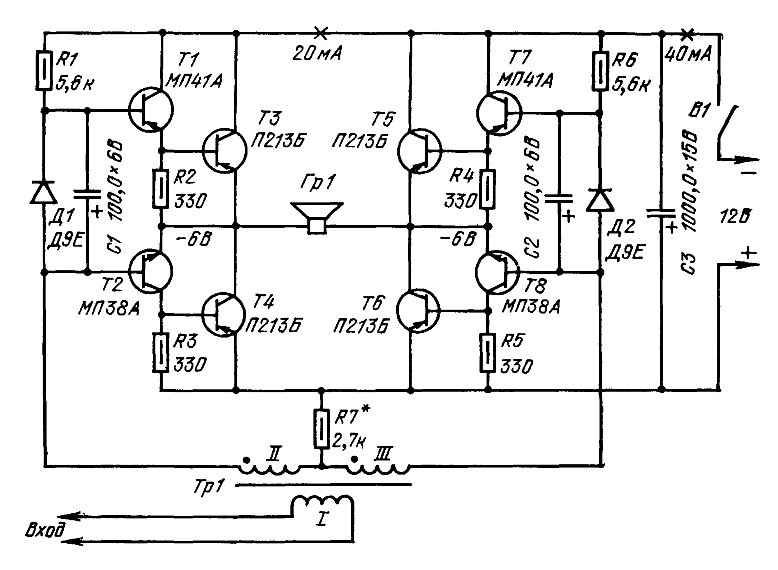


Рис. 18

Столь значительное увеличение выходной мощности объясняется тем, что мостовой усилитель состоит из двух одинаковых усилителей (подобных описанному выше). Разница лишь в том, что нагрузка (головка *Гр1*) включена непосредственно между выходами обоих усилителей, а входной сигнал подают на базы транзисторов первых ступеней (*T1* и *T2*, *T7* и *T8*) в противофазе. Противофазность обеспечивается применением повышающего трансформатора *Тр1* с двумя одинаковыми вторичными обмотками. Цепь смещения для транзисторов входных ступеней имеет общий резистор *R7*. При таком питании базовых цепей обеспечивается равенство постоянных напряжений на выходах оконечных ступеней, что дает возможность отказаться от разделительного конденсатора в выходной цепи. По постоянному току динамическая головка включена в диагональ сбалансированного моста, два плеча которого составлены из транзисторов *T1—T4*, а два других — из *T5—T8*. Но для переменного тока мост оказывается разбалансированным, так как выходные напряжения обоих усилителей противофазны. В результате амплитуда напряжения сигнала на нагрузке может достигать значений, близких к напряжению источника питания, т. е. почти в два раза больше; чем в усилителе по схеме рис. 14 или ему подобных. А удвоение напряжения на нагрузке равнозначно учетверению выходной мощности усилителя.

Для изготовления мостового усилителя можно использовать такие же детали, как и для описанного выше усилителя. Отличие лишь в конструкции трансформатора *Тр1*: его магнитопровод — Ш16×24; обмотка *I* — 120 витков провода ПЭЛ 0,33, обмотки *II* и *III* — по 1500 витков провода ПЭЛ 0,14. Все витки намотаны в одном направлении. Начала обмоток обозначены на схеме точками.

Необходимо помнить, что увеличение выходной мощности усилителя требует улучшения отвода тепла от оконечных транзисторов. Теплоотвод можно выполнить общим для всех мощных транзисторов, но тогда некоторые из них

придется крепить через изолирующие прокладки из тонкой фторопластовой пленки или слюды.

В простейшем случае можно изготовить два одинаковых усилителя, подобных изображенному на рис. 17, снабдив их общим входным трансформатором. На рис. 19 показан вариант конструкции мостового усилителя, где оконечные транзисторы установлены попарно на двух пластинчатых теплоотводах. Размеры каждого из них 250×150×3 мм. Теплоотводы образуют боковые стенки усилителя. На передней панели размещены гнездовая часть входного разъема, выключатель питания *В1* и вольтметр постоянного тока. Усилитель оснащен ручкой для переноски. Применение вольтметра позволяет контролировать напряжение источника питания. На задней панели установлены разъемы для подключения громкоговорителя и источника питания.

Таблица 4

Напряжение питания, В	Сопротивление нагрузки, Ом			
	4	8	16	32
6	2,5 / 0,7	1,8 / 0,4	1 / 0,2	0,5 / 0,13
9	6 / 1	4,2 / 0,55	2,9 / 0,3	1,3 / 0,2
12	10 / 1,5	7,5 / 0,95	4 / 0,4	2 / 0,23
16	17 / 1,9	10 / 1	7,3 / 0,55	3,7 / 0,35
20	32 / 2,5	20 / 1,6	10 / 0,7	5 / 0,37
24	40 / 3,3	27 / 1,7	14 / 0,9	7 / 0,5

Примечание. В числителе указана мощность (в ваттах), в знаменателе — потребляемый ток (в амперах).

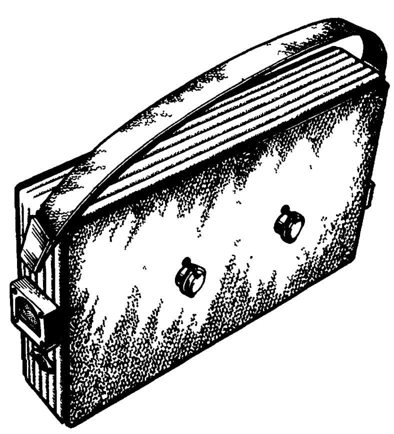


Рис. 19

Налаживают усилитель следующим образом. Включают питание и измеряют постоянный ток, потребляемый обеими ступенями усилителя вместе и каждой в отдельности. Он должен быть равен соответственно 40 и 20 мА. Измеряют постоянное напряжение между плюсовым проводом питания и каждым из выходных выводов; оно должно быть равно половине напряжения источника питания. Если это не так, то следует подобрать точнее сопротивление резистора *R7*. Эти измерения нужно вести при отключенной нагрузке.

Подключают нагрузку и снова измеряют потребляемый ток — он должен увеличиться не более, чем на несколько миллиампер. Это будет свидетельствовать о хорошей балансировке моста по постоянному току. Теперь можно подключать ко входу усилителя источник сигнала Для нормальной работы усилителя достаточен сигнал мощностью 150—200 мВт.

Описанные два варианта усилителя мощности НЧ обладают относительно высоким КПД, достигающим 65—70% при работе с максимальной мощностью, когда падение напряжения на каждом из оконечных транзисторов минимально (менее 0,5 В). При работе с пониженной выходной мощностью уменьшаются искажения сигнала, но КПД резко падает, достигая уровня 10%. Это, безусловно, значительно снижает эффективность использования энергии автономного источника питания. Как же бороться с этим недостатком? Есть два пути. Один заключается в использовании усилителя на номинальную мощность, соответствующую каждому конкретному случаю. Другой — в применении усилителей с несколькими источниками питания.

Экономичный усилитель мощности

На рис. 20 изображена принципиальная схема усилителя мощности НЧ с начальным напряжением питания около 24 В и выходной мощностью 4—5 Вт при сопротивлении нагрузки 8 Ом. Срок службы источника питания этого усилителя примерно в два с лишним раза больше по сравнению с описанными выше при той же мощности. Несомненно, такой экономичный усилитель будет очень удобен для различных агитационных бригад, совершающих поездки в отдаленные районы, на пастбища, где нет сети переменного тока и питание аппаратуры возможно только от батарей.

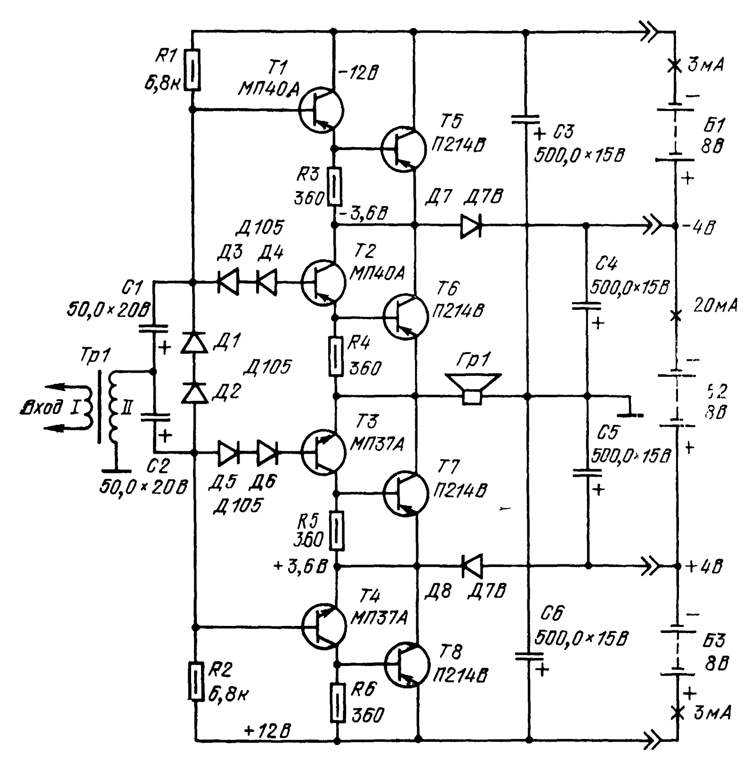


Рис. 20

Этот усилитель, так же как и мостовой (см. рис. 18), содержит две одинаковые ступени усиления, собранные по схеме эмиттерного повторителя с дополнительной симметрией. Но если в мостовом они включены по постоянному току параллельно, то здесь последовательно. Другая особенность в том, что для получения начального напряжения смещения на базах входных транзисторов *Т1—Т4* применены диодные цепочки *Д1—Д6*. Но основное отличие состоит в том, что источник питания составлен из трех одинаковых батарей, состоящих из шести элементов 373. Оксидные (электролитические) конденсаторы *С3—С6* шунтируют по переменному току батареи питания. Вторичная обмотка повышающего трансформатора *Тр1* включена точно так же, как в усилителе по схеме рис. 14. При положительной полуволне входного сигнала работают транзисторы нижних по схеме плеч усилителя (*Т3, Т4, Т7, Т8*), при отрицательной — верхних.

Высокая экономичность усилителя определяется тем, что ток, потребляемый от батарей, зависит от уровня входного сигнала, т. е. от выходной мощности. Когда амплитуда сигнала на обмотке *II* трансформатора *Тр1* не превосходит

4 В, транзисторы *Т1, Т5* и *Т4, Т8* оказываются закрытыми за счет подключения эмиттеров транзисторов *Т5* и *Т7* через диоды *Д7* и *Д8* к полюсам батарей питания. Поэтому усиливают сигнал фактически только транзисторы *Т2, Т6* и *Т3, Т7*, образующие уже известную ступень, собранную по схеме эмиттерного повторителя. Напряжение питания ступени равно напряжению батареи *Б2*. Значит, при сопротивлении нагрузки 8 Ом такая ступень может обеспечить выходную мощность около 1 Вт. Такой средней мощности бывает достаточно для прослушивания программ немногочисленной аудиторией на открытом воздухе.

При работе усилителя с выходной мощностью около 1 Вт батареи *Б1* и *Б3* тоже отдают ток, но он относительно мал, так как определяется по существу только обратным током коллектора транзисторов *Т5* и *Т7*, равным обычно 2—3 мА. Таким образом, в режиме небольшой выходной мощности усилитель потребляет ток только от батареи *Б2*. Остальные работать начинают тогда, когда амплитуда сигнала на базе транзисторов *Т1* и *Т4* превысит 4 В. При этом в работу вступают все транзисторы и батареи. Поскольку усилители НЧ работают в режиме максимальной мощности (в данном случае 4—5 Вт) лишь незначительную часть времени, то в наибольшей степени разряжается батарея *Б2*.

Периодически меняя местами батареи источника питания, можно добиться значительного продления срока службы комплекта элементов. На практике этот срок несколько укорачивается из-за того, что некоторые из элементов выходят из строя раньше остальных. Если периодически проверять работоспособность элементов батарей и заменять вышедшие из строя элементы новыми, срок службы источника питания может быть значительно продлен.

Конструктивно усилитель оформляют так же, как описанный ранее. Оконечные транзисторы можно выбрать из серий П213—П216, но все четыре должны быть одного типа и желательно — с близкими значениями статического коэффициента передачи тока базы. Транзисторы *Т1* и *Т2* могут быть серий МП20, МП21, МП25, МП26, а *Т3* и *Т4* — серий МП36 и МП37 с различными буквенными индексами. Диоды *Д1—Д6* — любые из серий Д105 или Д226, а *Д7* и *Д8* — из серии *Д7*. Оксидные конденсаторы — К50-3А или К50-6. Кассеты для гальванических элементов применены от любого приемника серии «Океан».

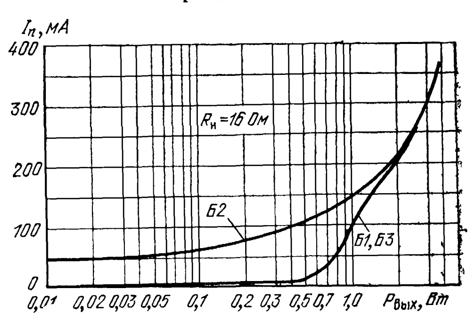


Рис. 21

Проверка собранного усилителя сводится к измерению значений напряжения и тока в точках, указанных на схеме. В отсутствие входного сигнала ток батарей *Б1* и *Б3* не должен превышать 3 мА, а батареи *Б2* — 20 мА.

При испытании усилителя в режиме воспроизведения музыкального сигнала рекомендуется одновременно тремя одинаковыми приборами измерить ток, потребляемый от каждой из батарей. Результаты измерения должны соответствовать рис. 21, где показана зависимость потребляемого тока от выходной мощности, подтверждающая экономичность усилителя.

Предварительный усилитель НЧ

Несомненным достоинством описанных выше усилителей мощности является их простота и хорошее использование выходной мощности источника сигнала. В ряде случаев, однако, источник сигнала оказывается низковольтным и высокоомным по выходу. Например, современные радиоприемники и магнитофоны имеют линейный выход, напряжение на котором не превышает 200—300 мВ, а выходное сопротивление — десятки килоом. Выходная мощность в этом случае составляет всего около 0,5 мкВт, т. е. в 500—1000 раз меньше, чем необходимо для нормальной работы усилителя мощности. Для использования такого источника сигнала необходимо применять предварительный усилитель напряжения НЧ, включаемый между линейным выходом и входом усили-

теля мощности. Усилители можно питать как от отдельных, так и от одного общего источника.

На рис. 22 показана принципиальная схема относительно простого предварительного усилителя НЧ на пяти транзисторах. Первая ступень собрана на малошумящем транзисторе *Т1*. Она усиливает сигнал примерно в 20 раз и обладает высоким входным сопротивлением. В нее введены цепи плавного регулирования громкости и тембра, раздельно по низшим и высшим частотам. Вторая ступень на транзисторе *Т2* компенсирует снижение амплитуды сигнала в регуляторе тембра. Оконечные ступени собраны по схеме эмиттерного повторителя с дополнительной симметрией (транзисторы *Т3—Т5*). Нагрузка усилителя — вход усилителя мощности или динамическая головка громкоговорителя. Резистор *R16* введен для защиты оконечных транзисторов при случайном коротком замыкании в цепи нагрузки.

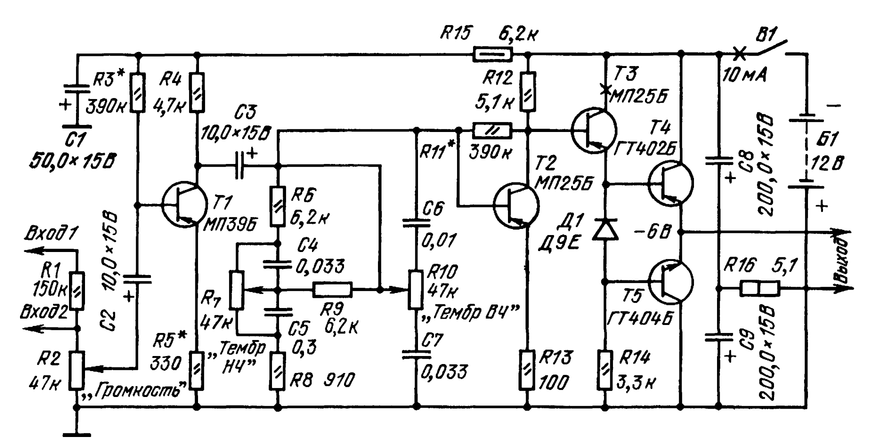


Рис. 22

Предварительный усилитель по схеме рис. 22 может работать и при напряжении питания 24 В. В этом случае сопротивления резисторов *R4* и *R14* следует увеличить до 6,2 кОм, резистора *R15* — до 24 кОм. Конденсаторы *C8* и *C9* нужно заменить на другие, с удвоенным номинальным напряжением. Напряжение на эмиттерах транзисторов *Т4, Т5* удвоится, а на конденсаторе *C1* увеличится до 10 В.

Чувствительность усилителя со *Входа 2* равна 30—50 мВ, что обеспечивает возможность подключения к нему датчика электрогитары. Чувствительность *Входа 1* усилителя 150—250 мВ при входном сопротивлении не менее 150 кОм. Усилитель обеспечивает выходную мощность 0,6—0,8 Вт при напряжении питания 12 В и около 2 Вт — при 24 В. В последнем случае транзисторы *Т4* и *Т5* должны быть снабжены теплоотводами.

Для изготовления предварительного усилителя пригодны транзисторы МП41А и МП42Б (*Т1*), МП40А, МП26Б, ГТ402А (*Т2, Т3*), ГТ402А (*Т4*), ГТ404А (*Т5*). Диод *Д1* может быть любым из серии Д9 или Д18, Д20. Оксидные конденсаторы *C1, C8* и *C9* (К50-6) можно использовать с емкостью вдвое большей, чем указано на схеме. Конденсаторы *C4—C7* — МБМ или КЛС, с допуском ±10%. Переменные резисторы — СП3-4б (группы В для *R2* и группы А для *R7* и *R10*). Допускается отклонение номинала этих резисторов от 33 до 68 кОм.

На рис. 23 изображен чертеж печатной платы усилителя. Она изготовлена из фольгированного гетинакса толщиной 1,5 мм. Гнезда входного и выходного разъемов — СГ-3 или СГ-5. Печатная плата, органы управления и регулирования и разъемы смонтированы в металлической коробке с внешними размерами 150×100×80 мм.

Усилитель налаживают при отключенной нагрузке. Сначала измеряют постоянное напряжение на эмиттерах транзисторов *Т4* и *Т5* относительно общего

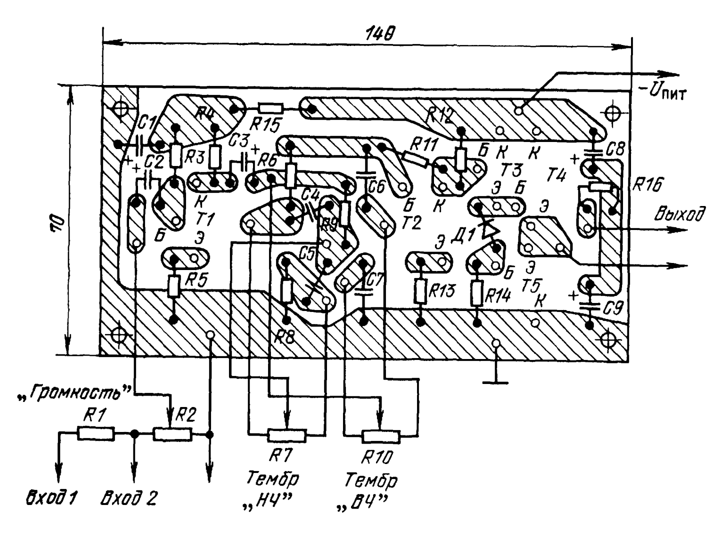


Рис. 23

провода питания. Если оно не равно половине напряжения питания, необходимо подобрать резистор *R11*. Затем измеряют постоянное напряжение в точке соединения резисторов *R3, R4* и *R15* (6 В). Его можно скорректировать подборкой сопротивления резистора *R3*. Налаживание заканчивают измерением общего потребляемого тока, который должен быть в пределах 8—12 мА. В случае, если ток менее 8 мА, возможны искажения сигнала при работе с малой громкостью. Для изменения тока необходимо подобрать резистор *R14*.

Предварительный усилитель напряжения с низковольтным питанием

Питание усилителей напряжения и мощности от одного общего источника создает определенные трудности. Во-первых, появляется дополнительная пара проводов питания, во-вторых, что более важно, возникает склонность усилителей к самовозбуждению при значительной разрядке батареи элементов. Устранить оба недостатка можно использованием двух независимых источников питания. Для усилителя напряжения желательно иметь малогабаритный источник питания с малым напряжением. Усилитель должен обеспечивать выходную мощность при свежей батарее не менее 500 мВт, с тем чтобы при разрядке батареи выходная мощность не падала ниже 150—200 мВт. Оптимальным, очевидно, является напряжение питания, равное 6 В.

На рис. 24 представлена принципиальная схема простого усилителя напряжения с максимальной выходной мощностью 500 мВт, собранного на пяти транзисторах и питающегося от батареи из четырех элементов 373, соединенных последовательно, с отводом от середины. Чувствительность усилителя по *Входу 2* равна 10—20 мВ, что позволяет использовать его совместно с электрогитарой или динамическим микрофоном. *Вход 1* рассчитан для подключения линейного выхода радиоприемника или магнитофона.

Особенностью усилителя является выполнение оконечной ступени по схеме с дополнительной симметрией на транзисторах, включенных по схеме с общим эмиттером. Как известно, транзистор в таком включении обеспечивает значительно большее усиление сигнала по мощности, чем включенный по схеме с общим коллектором (эмиттерного повторителя). Поэтому при пяти транзисторах усилитель равнозначен по своим усилительным свойствам традиционному на семи транзисторах. Использование кремниевых транзисторов *T2* и *T3* повышает температурную стабильность усилителя. Нагрузка усилителя вклю-

чена между коллекторами оконечных транзисторов и средней точкой батареи *Б1*. Это позволяет снизить емкость шунтирующих конденсаторов *С4* и *С5* до нескольких десятков микрофарад.

В усилителе можно использовать транзисторы МП39Б, МП27, МП28, МП42Б (*Т1*); КТ326, КТ361 с любыми буквенными индексами (*Т2*); КТ312, КТ315 с любыми буквенными индексами (*Т3*); ГТ404А, ГТ404Б (*Т4*) и ГТ402А, ГТ402Б (*Т5*). При этом желательно, чтобы пары транзисторов *Т2* и *Т3*, *Т4* и *Т5* имели возможно более близкие значения статического коэффициента передачи тока базы. Переменный резистор *R2* — СП3-4в группы В, совмещенный с выключателем питания *В1*. Подстроечный резистор *R3* — СПО-0,25.

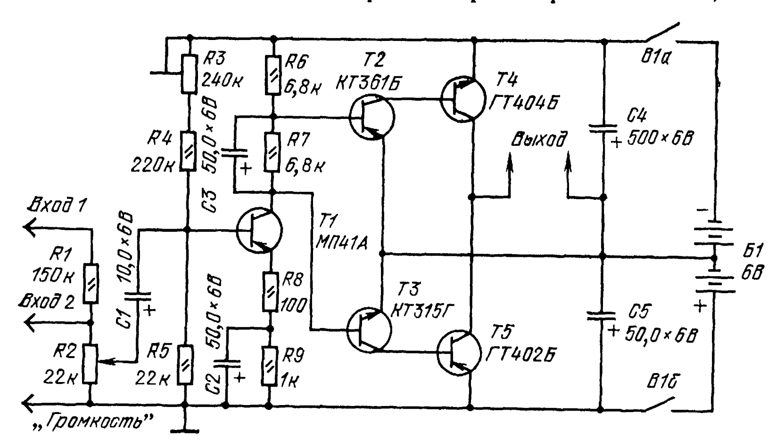


Рис. 24

Налаживают усилитель при отключенной нагрузке. Вольтметр постоянного тока подключают параллельно выходу усилителя и, подстраивая резистор *R3*, добиваются нулевого показания прибора на пределе 1 или 3 В. После этого усилитель готов к работе.

Усилитель лучше всего смонтировать в металлической коробке. На передней панели размещают органы управления и коммутации. Батарею питания монтируют внутри коробки в кассете или специальном отсеке.

Работа с этим усилителем показала его относительно высокие характеристики. Усилитель можно использовать непосредственно с громкоговорителем, без усилителя мощности, например, при воспроизведении музыкальных программ в неэлектрифицированном помещении. При работе со средней громкостью срок службы батареи питания равен примерно 100 ч. Высокая чувствительность усилителя позволяет применять его в качестве мегафона. Для этого ко входу подключают микрофон МД-200 или МД-201, а к выходу — динамическую головку сопротивлением 8 Ом. Такой мегафон можно использовать при усилении громкости речи или для подачи команд в ходе проведения различных спортивных соревнований. Однако специально изготовленный мегафон будет обладать лучшими характеристиками.

Мегафон

При проведении собраний, бесед, спортивных и физкультурных мероприятий нередко применяют звукотехнические устройства, позволяющие усиливать голос человека. Устройства с автономным питанием, которые могут быть использованы в полевых условиях, называют мегафонами. Обычно мегафон представляет собой динамическую головку рупорного типа, в корпус которой вмонтированы микрофон, усилитель мощности и батарея питания.

В стационарных условиях для звукоусиления применяют аппаратуру с питанием от сети и мощные громкоговорители. Промышленность выпускает мега-

фоны и звукоусилительную аппаратуру, но если клубу не удалось приобрести нужные приборы, их можно изготовить самостоятельно из доступных деталей.

На рис. 25 представлена принципиальная схема простого мегафона, который позволяет значительно усилить громкость речи. Основой мегафона служит бестрансформаторный усилитель НЧ на восьми транзисторах. Микрофон подключен к входу усилителя через регулятор громкости (переменный резистор *R1*). Нагрузка усилителя — динамическая головка *Гр1* громкоговорителя — включена так же, как в описанных выше усилителях.

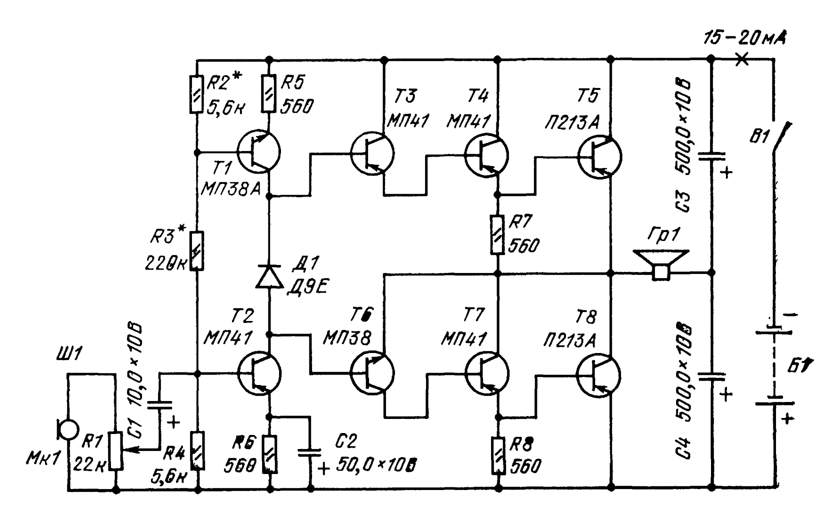


Рис. 25

Ступень на транзисторе *Т2*, собранная по схеме с общим эмиттером и динамической нагрузкой в виде транзистора *Т1*, предварительно усиливает сигнал по напряжению. Начальное смещение на базах транзисторов определяет делитель напряжения на резисторах *R2—R4*, а стабилизацию коллекторного тока — резисторы *R5* и *R6*. Резистор *R6* зашунтирован конденсатором *С2* с целью устранения действия отрицательной обратной связи по переменному току.

Общий коллекторный ток транзисторов *Т1* и *Т2* создает термостабильное напряжение смещения для транзисторов *Т3* и *Т6*. Усилитель позволяет получить выходную мощность до 4 Вт при напряжении сигнала с микрофона около 0,5 мВ. Такой чувствительности вполне достаточно для использования мегафона практически с любым динамическим микрофоном.

Мегафон может работать с различными источниками питания и динамическими головками. В табл. 5 приведены усредненные данные для описываемого мегафона при работе с различными источниками питания и динамическими головками. Следует учесть, что средняя мощность значительно меньше максимальной и соответственно среднее значение потребляемого тока в 2—3 раза меньше максимального.

При выборе источника питания и динамической головки необходимо исходить из того, чтобы максимальная выходная мощность усилителя не превосходила номинальной мощности головки. Иначе она будет работать с перегрузкой и, значит, искажать звук. Очевидно, что для головки 0,5ГД-30 напряжение питания не должно превышать 9 В, а для 3ГД-38 — 12 В.

Для мегафона лучше всего использовать готовый корпус, например, от переносного приемника серии «ВЭФ» или «Альпинист». Имеющиеся в продаже корпусы приемников часто уже укомплектованы динамической головкой.

В случае применения корпуса от «Альпиниста-407» детали мегафона можно монтировать на печатной плате, чертеж которой показан на рис. 26. Здесь использованы оксидные конденсаторы К50-6 на номинальное напряжение не менее 10 В. Напряжение источника питания 9 В (две последовательно соединен-

ные батареи 3336). При этом максимальная выходная мощность будет равна 0,6 Вт, максимальный потребляемый ток — не более 85 мА, а средний — 40—50 мА.

В мегафоне можно использовать широкий выбор транзисторов, желательно только, чтобы транзисторы *Т1* и *Т2* имели возможно более близкие значения статического коэффициента передачи тока базы. Диод Д9Е можно заменить на Д9Б, Д9В, Д20. Мощные транзисторы *Т5* и *Т8* могут быть любыми из серий П213—П215. Конденсаторы *С3* и *С4* могут иметь емкость от 200 до 1000 мкФ. Переменный резистор *R1* — СП3-4в группы В. Выключатель *В1* — кнопочный П2К; можно обойтись и без него, если использовать выключатель питания, совмещенный с переменным резистором.

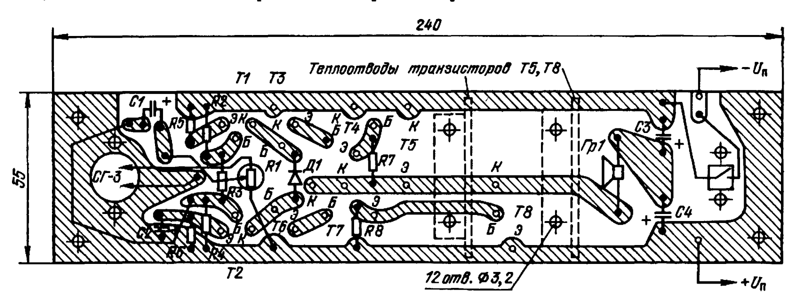


Рис. 26

При налаживании усилителя сначала отключают микрофон и измеряют потребляемый ток. Он зависит от сопротивления резистора *R2* и должен находиться в пределах 15—20 мА. Затем измеряют постоянное напряжение на эмиттере транзистора *Т5* относительно общего провода. Оно должно быть равно половине напряжения источника питания. Если необходимо, его корректируют подборкой сопротивления резистора *R5*.

Таблица 5

Сопротивление нагрузки, Ом	Напряжение источника питания, В		
	9	12	15
16	0,6 / 85	1,2 / 110	1,6 / 140
8	1 / 160	1,8 / 210	2,9 / 270
6,5	1,3 / 220	2,3 / 270	3,3 / 375
4	1,6 / 290	2,5 / 330	4,4 / 480

Примечание. В числителе указана мощность (в ваттах), в знаменателе — потребляемый ток (в миллиамперах).

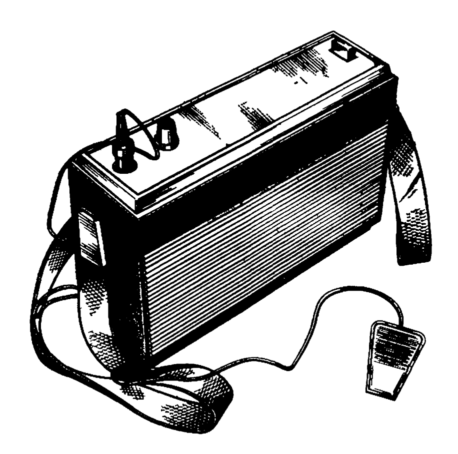


Рис. 27

Далее проверяют работу мегафона в целом. Ко входу усилителя подключают микрофон (МД-47, МД-200, МД-201, МД-64), включают питание и произносят несколько слов на расстоянии 2—3 см от микрофона. Громкость устанавливают такой, при которой еще не слышно самовозбуждения (свиста) в громкоговорителе из-за акустической обратной связи между головкой и микрофоном.

Для удобства переноски мегафон удобно снабдить плечевым ремнем. В процессе эксплуатации мегафона необходимо следить за исправностью и сохран-

ностью батарей и своевременно менять их, не допуская вытекания электролита из неисправных элементов. Это относится и ко всем другим устройствам, питающимся от батарей гальванических элементов.

Внешний вид мегафона, собранного в корпусе приемника «Альпинист-407» с микрофоном и плечевым ремнем, показан на рис. 27.

Как правило, радиолюбитель редко остается довольным изготовленным аппаратом и постоянно вводит в него новые узлы, улучшает существующие с целью более полного использования заложенных в устройство возможностей. Ниже описан ряд предложений по усовершенствованию мегафона; которые могут быть реализованы легко и быстро.

Если предполагается использовать мегафон одновременно двумя ораторами, то в него можно ввести второй регулятор громкости и укомплектовать еще одним микрофоном. Для этого можно воспользоваться схемой на рис. 28. Здесь сигнал от второго микрофона *Мк2* поступает через переменный резистор *R9* (регулятор усиления) на базу транзистора *T1*. Транзистор *T1* работает в усилительной ступени, собранной по схеме с общим эмиттером. Для получения большой чувствительности по второму микрофонному входу резистор *R5* зашунтирован конденсатором *C7*. После такой доработки чувствительность по обоим микрофонным каналам будет примерно одинаковой и равной 0,6—0,8 мВ.

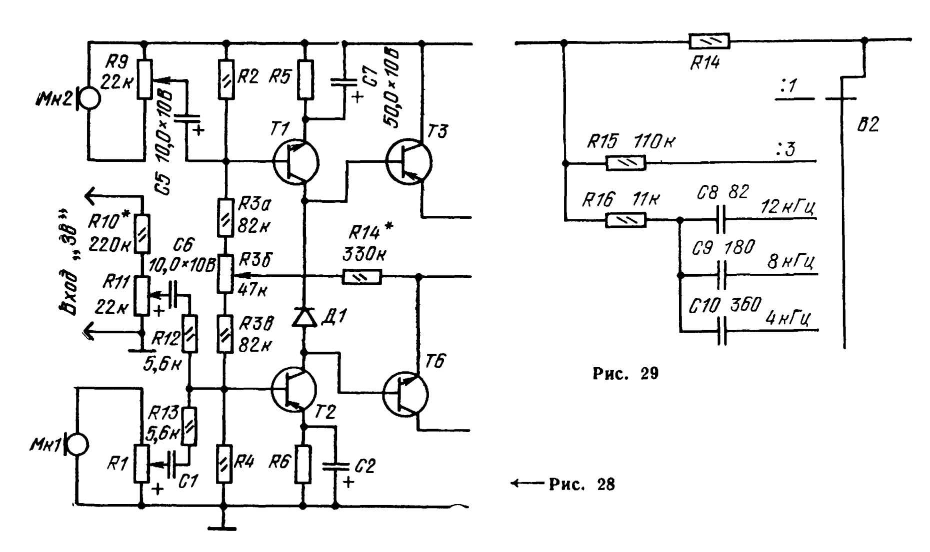


Рис. 29

← Рис. 28

На рис. 28 показаны также другие схемные изменения, введение которых даст возможность упростить налаживание усилителя, уменьшить искажения сигнала, а также получить дополнительный вход для подключения звукоснимателя электропроигрывателя или линейного выхода магнитофона. Нумерация вновь вводимых деталей продолжает нумерацию элементов схемы на рис. 25, причем все изменения касаются только части схемы усилителя левее транзисторов *T3* и *T6*.

С целью повышения стабильности режима работы транзисторов и уменьшения вносимых искажений в усилитель можно ввести резистор отрицательной обратной связи по току (на схеме он обозначен *R14*). Этот резистор включен между «средней точкой» усилителя и движком переменного резистора *R3б*, который теперь вместе с постоянными резисторами *R3а* и *R3в* заменили резистор *R3*. Для корректировки режима работы по постоянному току достаточно лишь повернуть ручку переменного резистора *R3б*.

Вновь введенный резистор *R14*, с одной стороны, уменьшает искажения сигнала, вносимые усилителем, а с другой — несколько ухудшает чувствительность мегафона (до 1—1,5 мВ). Подборкой этого резистора можно изменять чувствительность мегафона.

Дополнительный вход для подключения звукоснимателя или линейного выхода магнитофона может оказаться полезным в том случае, когда предполагается в перерывах речевой программы или даже одновременно с ней воспроизводить музыкальное сопровождение.

Сигнал с *Входа 3в* поступает на делитель напряжения *R10R11*. Переменный резистор *R11* играет роль регулятора громкости по каналу звукоснимателя. Сигнал с него поступает на базу транзистора *T2* через развязывающую цепь, состоящую из конденсатора *C6* и резистора *R12*. Для улучшения развязки (устранения взаимного влияния регуляторов *R1* и *R11*) в цепь сигнала первого микрофона введен резистор *R13*.

Все вводимые переменные резисторы (кроме *R3б*) могут быть СП3-4в группы В. Резистор *R3б* — СПО-0,25 или СП3-4в группы А.

В ряде случаев, например, при воспроизведении грамзаписи или записи с магнитофона не требуется высокой чувствительности усилителя, но зато предъявляются более жесткие требования к качеству звучания. Удовлетворить эти требования можно увеличением глубины отрицательной обратной связи через резистор *R14*, уменьшив его сопротивление или подключив параллельно ему дополнительные корректирующие цепи, как показано на рис. 29.

Здесь изображена схема корректирующего переключателя *B2*, подключаемого параллельно резистору *R14*. Первое положение переключателя соответствует максимальной чувствительности, необходимой для работы только с микрофонами. Второе положение, при котором параллельно резистору *R14* подключен резистор *R15*, соответствует уменьшению чувствительности усилителя в три раза и снижению вносимых искажений без ограничения полосы воспроизводимых частот. Этот режим может потребоваться при использовании высокочувствительного микрофона.

Три последующих положения переключателя соответствуют уменьшению чувствительности примерно в 10 раз и ограничению полосы воспроизводимых частот сверху на уровне соответственно 12, 8 и 4 кГц.

Усилитель мегафона позволяет увеличить его максимальную выходную мощность до 10 Вт. Для этого необходимо заменить несколько транзисторов, снабдить оконечные мощные транзисторы более эффективными теплоотводами и повысить напряжение питания до 24 В. Сопротивление нагрузки усилителя должно быть равно 8 Ом, а применяемая головка должна быть рассчитана на мощность не менее 8—10 Вт.

Необходимость замены транзисторов связана с повышением напряжения питания. При напряжении источника питания 24 В надежная работа усилителя может быть обеспечена только при использовании транзисторов МП41А или МП25Б (*T2, T3, T4, T7*) и МП37А, МП37Б (*T1* и *T6*).

При использовании пластинчатого квадратного теплоотвода со стороной 50 мм каждый транзистор может рассеивать мощность примерно по 2 Вт, т. е. усилитель с двумя такими транзисторами способен развить максимальную входную мощность до 4—5 Вт. При стороне квадрата 100 мм теплоотвод способен рассеивать до 8—10 Вт, что обеспечивает нормальную работу усилителя с максимальной выходной мощностью более 10 Вт.

При повышении напряжения питания до 24 В для поддержания прежнего режима работы по току необходимо заменить резисторы *R3а* и *R3в* другими сопротивлением по 150 кОм.

Естественно, что увеличение напряжения питания и максимальной выходной мощности должно привести к увеличению потребляемого тока. Так, при сопротивлении нагрузки 8 Ом и напряжении питания 24 В он может достигать 600 мА, что является пределом для элементов 373. Число элементов в батарее должно быть 16—18. С учетом того, что среднее значение потребляемого тока составит 200—250 мА, батарея прослужит около 15—20 ч.

Универсальный усилитель НЧ на германиевых транзисторах

Универсальными часто называют усилители, обладающие высокой чувствительностью и большой выходной мощностью, что обеспечивает их нормальную работу с самыми различными источниками сигнала (датчиками электроги-

тар и других ЭМИ, линейным выходом приемников, магнитофонов и ЭПУ). На рис. 30 показана принципиальная схема универсального усилителя НЧ, собранного на девяти транзисторах и развивающего выходную мощность до 10 Вт при сопротивлении нагрузки 4 Ом и входном напряжении около 10 мВ. Такой усилитель можно использовать в самых различных электроакустических установках.

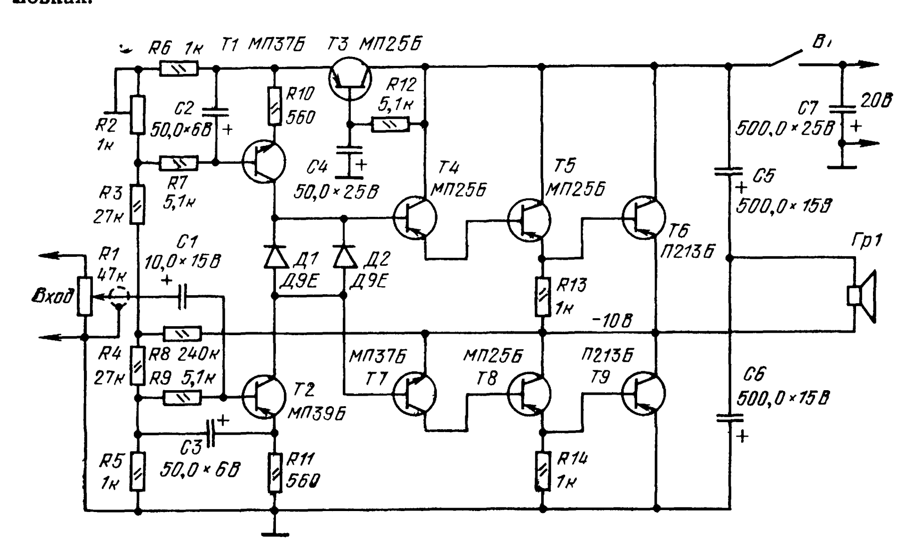


Рис. 30

Этот усилитель является дальнейшим развитием и совершенствованием мегафона. В первую очередь это относится к усложнению узла формирования напряжения смещения на базе первых двух транзисторов, что позволило значительно повысить входное сопротивление усилителя, сделать его работу более стабильной и упростить процесс установки режима работы по постоянному току. Для этой цели предусмотрен подстроечный резистор *R2*. Для предотвращения самовозбуждения усилителя из-за обратной связи по цепям питания (например, при значительном разряде батареи питания) введен транзисторный фильтр, состоящий из транзистора *T3*, резистора *R12* и конденсатора *C4*. Обычно для фильтрации напряжения питания первых ступеней усиления применяют простейшие *RC*-фильтры с конденсаторами большой емкости (1000 мкФ и более). Транзисторный фильтр дает возможность получить тот же эффект с конденсатором емкостью всего 50 мкФ (*C4*).

Для стабилизации тока покоя транзисторов *T6* и *T9* оконечной ступени начальное смещение на базах транзисторов *T4* и *T7* задано двумя, а не одним, как обычно, диодами. В случае заниженного значения тока (менее 15 мА) один из диодов можно отключить. Один из диодов отключают и при работе с пониженным напряжением питания.

В усилителе использованы конденсаторы К50-6 Переменный резистор *R1* регулятора громкости — СП3-4в группы В; подстроечный резистор *R2* — СП0-0,25. Чертеж печатной платы усилителя представлен на рис. 31.

Внешний вид сконструированного усилителя показан на рис. 32. Теплоотводами мощных транзисторов служат торцовые дюралюминиевые стенки, изолированные от токопроводящих элементов. Размеры усилителя — 150×80×60 мм. На лицевой панели установлены гнездо СГ-5 входного разъема, регулятор громкости и кнопка П2К включения питания. Ручка регулятора громкости — от приемника «ВЭФ-202». На задней стенке корпуса предусмотрены планки, с отверстиями для закрепления усилителя внутри или снаружи ящика громкоговорителя, совместно с которым будет работать усилитель. Размеще-

ние усилителя может быть произвольным, важно лишь, чтобы был обеспечен конвекционный поток воздуха в зоне теплоотводов транзисторов

Оконечные ступени всех описанных выше усилителей построены на низкочастотных германиевых транзисторах серий П213—П216. Эти транзисторы легко доступны, но у них есть существенный недостаток — ограниченная полоса усиливаемых частот Уже начиная с частоты 3—4 кГц начинается увеличение по-

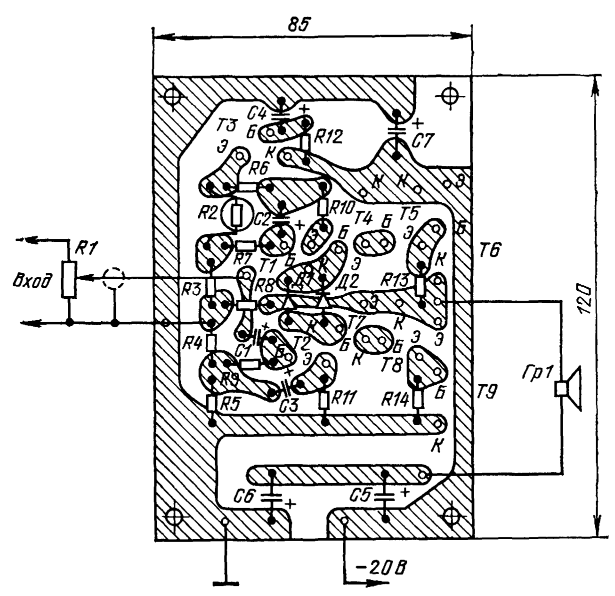


Рис 31

требляемого тока и уровня искажений Можно считать, что усилители с такими транзисторами могут эффективно работать на частотах не выше 12—13 кГц, тогда как для высококачественного усиления верхняя частота рабочей полосы не должна быть ниже 16 кГц

Нередко радиолюбители, пытаясь компенсировать ухудшение частотных характеристик германиевых транзисторов, применяют более мощные, чем требуется, транзисторы, например, П217 или даже П210 Такая замена не приводит к заметному улучшению частотных характеристик усилителя, повышая лишь потребляемый ток, а для устройств с автономным питанием это имеет существенное значение

Значительно лучшие результаты можно получить при замене транзисторов серий П213—П216 высокочастотными транзисторами серий ГТ806, ГТ905, имеющимися в продаже. Они обеспечивают равномерное усиление сигнала на частотах до 20 кГц и выше Кроме того, им требуется и меньший ток покоя, всего 5—10 мА для ГТ905А, ГТ905Б и 10—15 мА для ГТ806А, ГТ806Б. Возможно также применение среднечастотных транзисторов большой мощности серий ГТ703, ток покоя которых около 12 мА.

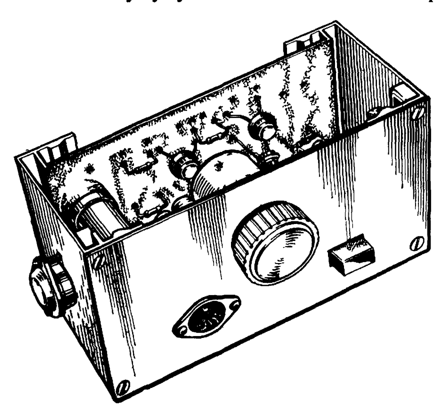


Рис. 32

Во всех описанных выше устройствах, где применены низкочастотные мощные транзисторы, можно с успехом использовать транзисторы серий ГТ703, ГТ806 и ГТ905, изменив лишь расположение отверстий на теплоотводах и подстроив режим работы по постоянному току. Например, в универсальном усилителе требуемый режим работы транзисторов устанавливается путем отключения одного из диодов.

При использовании высокочастотных германиевых транзисторов нужно помнить, что они чувствительны к перегрузкам по току, поэтому следует избегать короткого замыкания на выходе усилителя.

Недостатком германиевых транзисторов является ухудшение их характеристик с повышением температуры корпуса. Эти транзисторы могут работать при температуре корпуса не более 60—70° С. С приближением температуры к предельно допустимой выходная мощность должна быть значительно снижена. Несоблюдение этого требования приводит к выходу транзисторов из строя, что часто бывает на практике. Значительно стабильнее при повышении температуры характеристики усилителей, собранных на кремниевых транзисторах. Поэтому их широко применяют в современных любительских и промышленных электроакустических установках. Ниже описан один из возможных вариантов такого усилителя мощности.

Универсальный усилитель НЧ на кремниевых транзисторах

Принципиальная схема усилителя, собранного полностью на кремниевых транзисторах, изображена на рис. 33. Рабочая полоса частот усилителя — от 20 Гц до 20 кГц, чувствительность входа 150 мВ, нелинейные искажения не превышают 1% при выходной мощности 10 Вт.

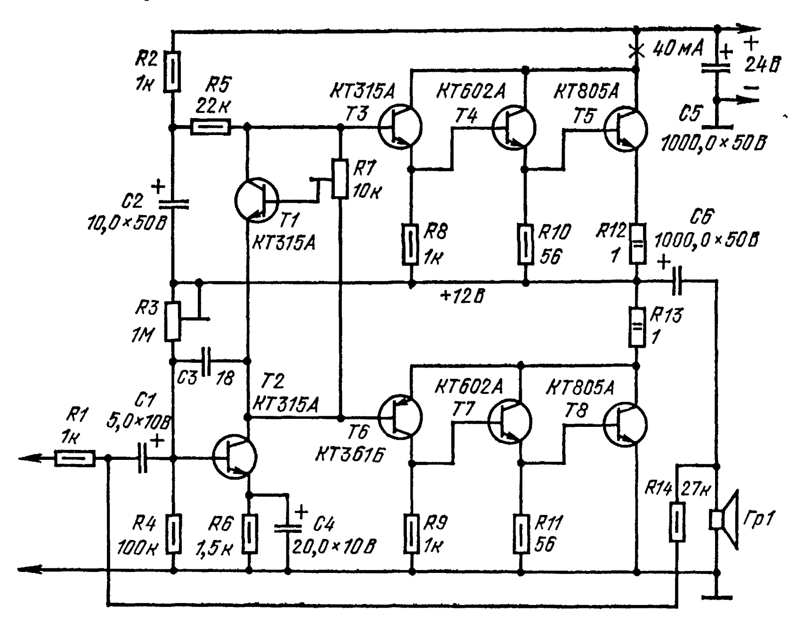


Рис. 33

Усилитель собран по классической бестрансформаторной схеме. Ступень на транзисторе *Т2* — предварительный усилитель сигнала. Транзисторы *Т3—Т8* образуют составной эмиттерный повторитель с искусственной симметрией. Транзистор *Т1* совместно с подстроечным резистором *R7* образуют регулируемый источник начального смещения для транзисторов составного эмиттерного повто-

рителя. Ток покоя усилителя устанавливают этим резистором. Напряжение «средней точки» усилителя, равное половине напряжения источника питания, устанавливают подстроечным резистором *R3*.

В усилителе могут быть использованы транзисторы КТ315Г или КТ315В (*Т1*, *Т3*); КТ209К (*6*); КТ605 или КТ608 (*Т4*, *Т7*); КТ802Б или КТ903А (*Т5*, *Т8*), последние желательно с близкими значениями статического коэффициента передачи тока базы. Оксидные конденсаторы — К50-6; *С2*, *С5*, *С6* рассчитаны на номинальное напряжение 50 В, остальные — на 10 В.

Транзисторы *Т5* и *Т8* необходимо установить на теплоотводы, способные рассеивать тепловую мощность не менее, чем по 5 Вт каждый. Пригодны пластинчатые теплоотводы из листовой меди или латуни толщиной около 3 мм, вырезанные в виде квадрата со стороной 70 мм.

Усилитель может быть оформлен в виде отдельной конструкции или в блоке с источником питания и громкоговорителем. В усилитель можно ввести дополнительные ступени, снабженные регуляторами громкости и тембра. Они особенно желательны в тех случаях, когда требуется повышение качества звучания, а также использование усилителя с различными источниками сигнала.

РЕГУЛИРУЕМЫЕ СТУПЕНИ УСИЛИТЕЛЕЙ НЧ

Современные усилители НЧ имеют различные каскады, позволяющие регулировать в широких пределах громкость и тембр звучания, корректировать амплитудно-частотную характеристику таким образом, что качество воспроизведения остается высоким как при малой, так и при большой громкости. Существуют различные приставки, дающие возможность так преобразовывать монофонический сигнал, что он звучит как стереофонический. Особое место занимают такие устройства, как компрессор и экспандер. Они способны выравнивать громкость речевых и музыкальных программ, расширять динамический диапазон звучания электроакустических установок. Обычно такими устройствами снабжают профессиональные усилители, а также бытовую аппаратуру высокого класса. Ниже описаны различные узлы и устройства, применение которых может существенно расширить возможности усилителей и других конструкций, применяемых в клубной работе.

Предварительные усилители

Усилитель с регулятором громкости. На рис. 34 приведена принципиальная схема двухступенного предварительного усилителя НЧ, предназначенного для согласования выхода приемника или магнитофона со входом универсального усилителя, собранного по схеме рис. 33. Чувствительность предусилителя 3—5 мВ, коэффициент усиления — 240, входное сопротивление — около 50 кОм. При выборе транзисторов для усилителя предпочтение следует отдать транзисторам КТ315Г, у которых больше гарантированное значение статического коэффициента передачи тока базы и ниже уровень собственных шумов.

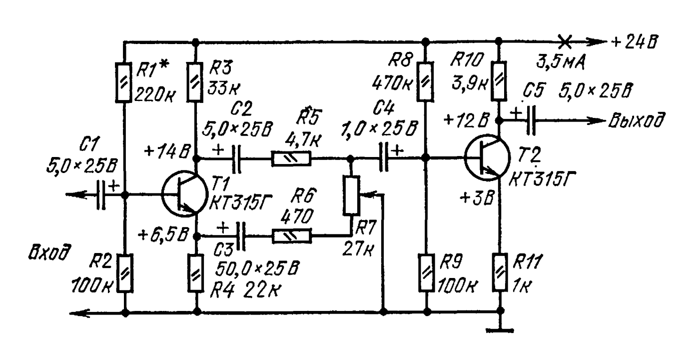


Рис. 34

Особенностью данного усилителя является глубокая регулировка громкости — до 50 вместо обычных 40 дБ у регулятора громкости, включенных во входную цепь. Это достигнуто тем, что переменный резистор *R7* подключен через цепи *C2R5* и *C3R6* к коллектору и эмиттеру транзистора *T1*, на котором собрана усилительная ступень с разделенной нагрузкой.

Если движок переменного резистора *R7* находится в верхнем по схеме положении, то резистор *R7* оказывается включенным полностью в цепь отрицательной обратной связи ступени, а сопротивление ее нагрузки близко к нулю. Следовательно, близко к нулю и результирующее усиление ступени. По мере перемещения движка вниз сопротивление цепи отрицательной обратной связи уменьшается, а сопротивление нагрузки увеличивается. При этом увеличивается и коэффициент усиления, достигая максимума (равного примерно 60) при крайнем нижнем положении движка. Коэффициент усиления второй ступени на транзисторе *T2* равен четырем.

В усилителе можно использовать переменный резистор СП3-4в или СП3-23а группы А или В. Номинальное значение его сопротивления может находиться в пределах 33—68 кОм. Усилитель можно собрать на отдельной плате и разместить либо в отдельной коробке, либо вместе с усилителем мощности. Режим работы транзисторов по постоянному току устанавливают подборкой резистора *R1* для *T1* и *R8* для *T2*. Потребляемый ток около 3,5 мА.

Усилитель с раздельной регулировкой тембра. На рис. 35 изображена принципиальная схема двухкаскадного усилителя, имеющего глубокое регулирование тембра по низшим и высшим частотам переменными резисторами *R5* («*НЧ*») и *R9* («*ВЧ*»). Первая ступень собрана на полевом транзисторе *T1* по схеме с общим стоком и обладает высоким — не менее 5 МОм — входным сопротивлением. Регуляторы тембра содержат две *RC*-цепи, включенные в об-

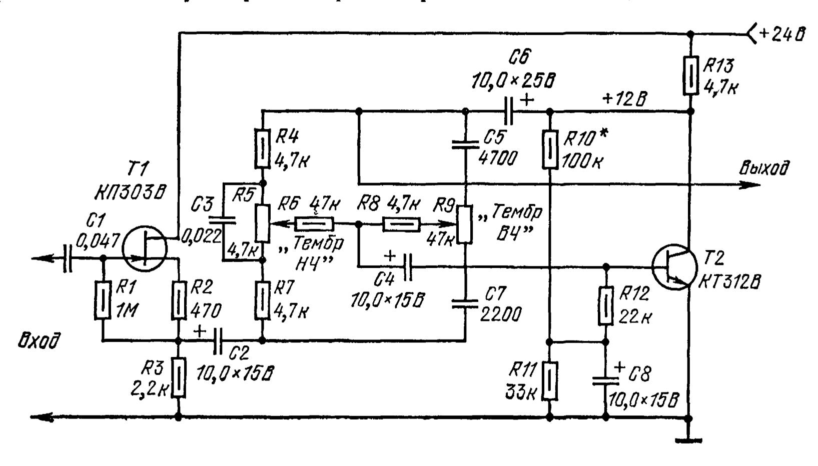


Рис. 35

щую цепь обратной связи и второй ступени, собранной на биполярном транзисторе *T2*. Выбранная схема регулятора тембра позволяет получить большую глубину коррекции тембра и малые нелинейные искажения усилителя в целом. Общее усиление устройства равно 30. Это значит, что для получения выходного напряжения 1 В напряжение на входе должно быть около 33 мВ.

В усилителе можно применить также транзисторы КП303Б или КП303В (*T1*) и КТ312Б, КТ315Е, КТ315Г, КТ316Д (*T2*). Режим работы транзистора *T2* по постоянному току устанавливают подбором резистора *R10*. При необходимости напряжение питания можно понизить до 6 В. При этом постоянное напряжение на коллекторе транзистора *T2* нужно установить равным половине напряжения источника питания.

Описанный усилитель целесообразно использовать совместно с универсальным усилителем мощности на кремниевых транзисторах. Чувствительность такого комплекса достаточна для работы от микрофона.

Многоканальный регулятор тембра. Современные высококачественные усилители НЧ часто имеют не два, а значительно больше каналов регулирования тембра (у некоторых до 10 каналов). В любительском усилителе вполне можно обойтись и более простым пятиканальным регулятором тембра. Вариант схемы такого регулятора изображен на рис. 36. Регулирование тембра происходит путем изменения уровня сигнала на выходах пяти полосовых фильтров, настроенных на частоты 160 Гц, 340 Гц, 1,5 кГц, 4 кГц и 5,7 кГц. Входной сигнал усиливается первой ступенью на транзисторе *T1* и далее через полосовые фильтры поступает на вход второй ступени на полевом транзисторе *T2* по схеме с разделенной нагрузкой. Уровень на средней частоте каждого из полосовых фильтров может изменяться на ±16 дБ относительно среднего значения. Из-за больших потерь в полосовых фильтрах коэффициент усиления регулятора не превышает пяти.

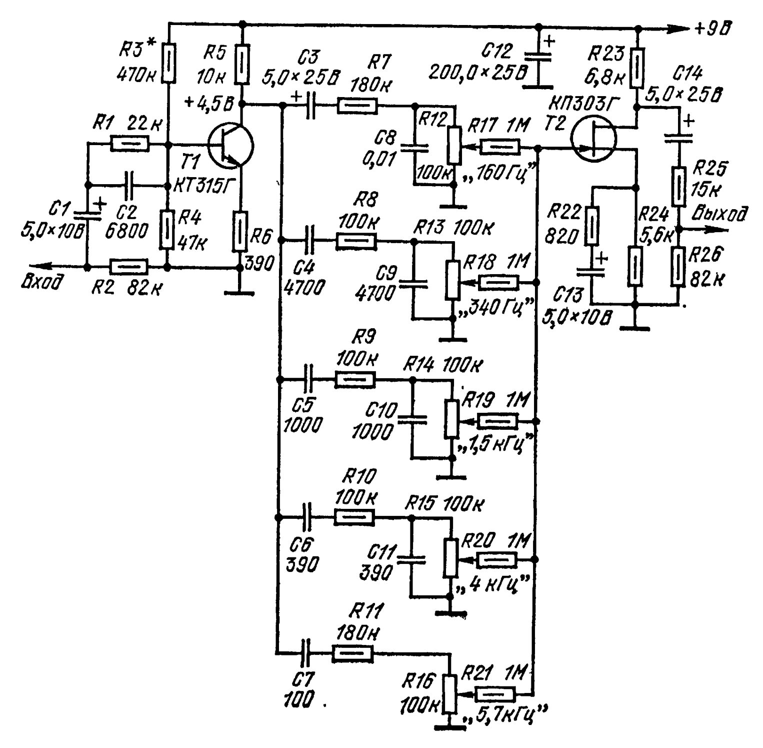


Рис. 36

Регулятор обладает высоким входным и выходным сопротивлением. Поэтому к его выходу можно подключать только высокоомный вход усилителя мощности. Напряжение питания можно увеличить до 16—20 В. При этом подбором резистора *R3* необходимо установить напряжение на коллекторе транзистора *T1*, равное примерно половине напряжения источника питания.

В многоканальных регуляторах тембра обычно применяют переменные движковые резисторы СП3-23а (в монофоническом варианте) и сдвоенные СП3-23б (в стереофоническом). Лучше всего использовать резисторы группы А, тогда по положению их движков на лицевой панели можно будет легко судить об относительном уровне усиления на той или иной частоте.

Поскольку усилитель потребляет ток всего около 2 мА, питать его можно от малогабаритной батареи, например, «Крона» или двух соединенных последовательно батарей 3336, поместив источник питания в одну коробку с усилителем, смонтированным на печатной плате.

Приставки к усилителю НЧ

Выше было рассказано о том, как повысить громкость и улучшить качество звучания. Но нередко требуется сохранить высокое качество звучания при малой громкости. И тут оказывается, что электроакустические установки, хорошо работающие на большой громкости, плохо звучат на малой. Причина этого в том, что ухо человека имеет неравномерную чувствительность по частоте и мощности акустического сигнала. И чем тише звук, тем хуже мы слышим низшие и высшие частоты по сравнению со средними. Устранить этот недостаток можно применением регуляторов громкости с тонкоррекцией или отдельной приставки, реализующей требуемую коррекцию амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) усилителя при работе с малой громкостью.

Амплитудно-частотной характеристикой устройства принято называть зависимость его коэффициента передачи по напряжению K_U от частоты сигнала f при неизменном входном напряжении. Коэффициент передачи K_U равен отношению выходного напряжения к входному.

В радиотехнике часто приходится иметь дело с коэффициентом передачи устройства по мощности K_P, который, как известно, равен квадрату K_U: $K_P = K^2_U$. На практике оказалось более удобным выражать отношения в логарифмическом масштабе: $A = 10 \lg K_P = 20 \lg K_U$. Единицей измерения в логарифмическом масштабе служит 1 Бел, соответствующий отношению, равному 10. В практической деятельности пользуются более мелкой единицей — 0,1 Бела или децибелом, сокращенно обозначаемым дБ. Нуль децибел соответствует отношению, равному 1. 10 дБ соответствует отношению, равному 3,16 по напряжению или 10 — по мощности; 20 дБ — 10 по напряжению и 100 по мощности; 40 дБ — 100 по напряжению и 10 000 по мощности и т. д. Если устройство ослабляет сигнал, т. е. выходное напряжение меньше входного, то отношение, выраженное в децибелах, будет отрицательным (например, —10 дБ).

При построении графиков АЧХ на вертикальной оси обычно откладывают децибелы в линейном масштабе, а на горизонтальной — частоту в логарифмическом. Для удобства сравнения АЧХ различных устройств исходный уровень входного сигнала при расчете отношений стандартизуют (принимают одинаковым). Например, стандартное входное напряжение усилителей НЧ принято равным 0,775 В.

Наиболее просто сделать тонкорректированный регулятор громкости, но для него требуется переменный резистор с отводами от токопроводящего слоя, а он для радиолюбителей не всегда доступен. В этом отношении более удобно применять специальные приставки.

Приставки для работы с малой громкостью. На рис. 37 представлена принципиальная схема простой приставки, включаемой между выходом предварительного усилителя и входом усилителя мощности, уменьшающей громкость на 16 дБ на средних частотах и корректирующей сигнал на низших и высших частотах так, как показано на рис. 38. Все элементы приставки размещают в металлической экранирующей коробке.

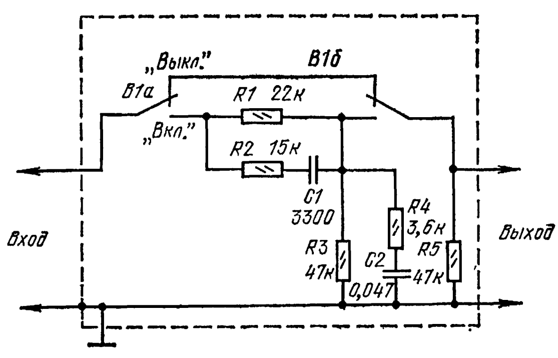


Рис. 37

К достоинствам приставки следует отнести ее простоту, отсутствие транзисторов и источника питания. Вместе с тем она имеет и недостаток — не позволяет варьировать коэффициент передачи на низших и высших частотах, что нередко требуется для коррекции звучания различных музыкальных программ.

От указанного недостатка свободна приставка, принципиальная схема которой изображена на рис. 39. Здесь уже использованы два транзистора и плавный регулятор усиления на низших и высших частотах. Средние частоты подавляются на 20 дБ, а низшие и высшие могут проходить практически без ослабления или даже с подъемом на 6—8 дБ, в зависимости от положения движка переменного резистора *R4*. По цепи сигнала приставку выключают переключателем *B1*.

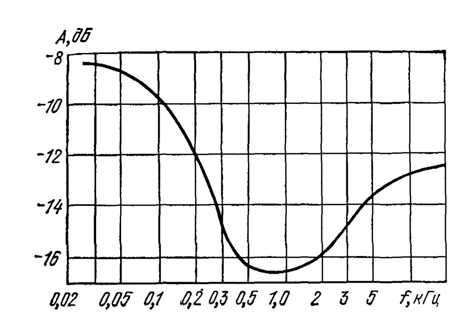


Рис. 38

Эту приставку лучше всего собрать вместе с предварительным усилителем и регулятором тембра. Требуемое значение коэффициента усиления приставки устанавливают подстроечным резистором *R12*. Кроме указанных, в приставке могут быть использованы транзисторы КТ312, КТ315 и КТ316 с любыми буквенными индексами. Переменный резистор *R4* — СП3-4в группы А, а *R12*—СП0-0,25.

Псевдостереофонические приставки. В последние годы получили широкое распространение различные стереофонические электроакустические установки — электрофоны, магнитофоны, приемники, обладающие объемным звучанием вы-

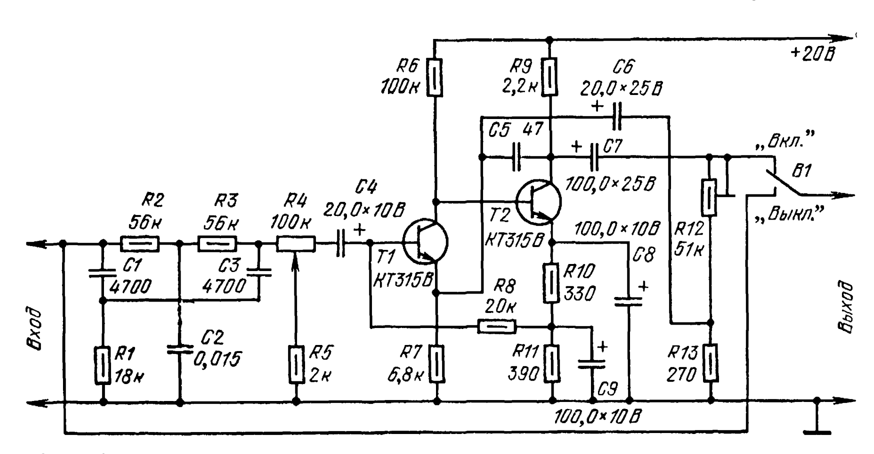


Рис. 39

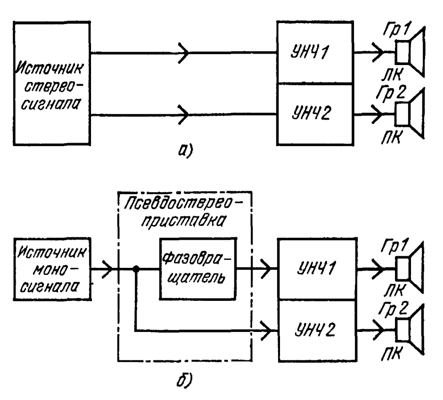
сокого качества. Звучание таких устройств на слух кажется исходящим не из точки, а из некоторого пространства. Стереофоническая звукоустановка состоит из двухканального усилителя НЧ и двух громкоговорителей, разнесенных один от другого на определенное расстояние и направленных на слушателя. На вход стереоусилителя подают стереосигнал от УКВ приемника со стереодекодером, стереомагнитофона, стереопроигрывателя или стереомикрофонов.

А нельзя ли сделать так, чтобы обычный приемник, работающий в диапазонах ДВ, СВ и КВ, мог звучать как стереофонический?

Оказывается, можно. Он, правда, будет во многом уступать настоящему стереофоническому приемнику, но все же будет работать лучше, чем обычный. Для этого нужно изготовить так называемую псевдостереофоническую приставку, подключаемую к выходу усилителя НЧ приемника. Для пояснения отличий

в принципе действия стереофонической и псевдостереофонической акустических систем на рис. 40 изображены их структурные схемы.

Стереофоническая установка (рис. 40,*а*) состоит из двух идентичных каналов усиления и звуковоспроизведения сигналов левого и правого каналов, называемых так в соответствии с положением громкоговорителей, размещаемых слева и справа от слушателя. Стереосигнал представляет собой совокупность двух электрических НЧ сигналов, отличающихся тем, что между их частотными составляющими имеется различие в амплитудах и фазах. Это различие непостоянно, оно меняется в зависимости от характера исходного звука.



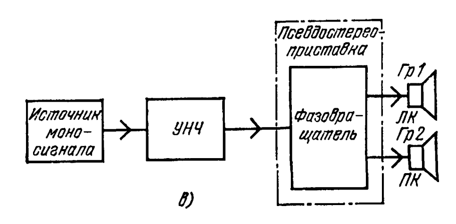


Рис. 40

Суть работы псевдостереофонической приставки сводится к тому, что она преобразует монофонический сигнал в два, отличающихся между собой фазами их одночастотных составляющих. Получается почти стереофонический сигнал, откуда получил он свое название — псевдостереофонический. Применяют два варианта приставки. Наилучшие результаты дает приставка, построенная по структурной схеме на рис. 40,*б*. Здесь фазовращатель — устройство, создающее необходимый сдвиг по фазе составляющих сигнала на различных частотах, — включен между источником монофонического сигнала и входом одного из двух одинаковых усилителей НЧ. Вход другого усилителя подключен к источнику сигнала непосредственно. Громкоговорители *Гр1* и *Гр2* будут воспроизводить звучание, напоминающее стереофоническое.

На рис. 40,*в* показана структурная схема простейшей псевдостереоустановки, здесь фазовращатель включен непосредственно на выходе монофонического усилителя. Громкоговорители *Гр1* и *Гр2* подключены к выходам фазовращателя. Недостатком этого варианта является относительно большой уровень потерь полезной мощности в фазовращателе. Поэтому такое включение фазовращателя применяют только в простейших установках. Приставки, включаемые на входах усилителей, позволяют получить значительно лучшие результаты и обеспечивают работу усилителей мощности без дополнительных потерь. Поэтому такие приставки получили наибольшее распространение. Например, выпускаемая промышленностью приставка «Диптон» включается по схеме рис. 40,*б*. Ниже описывается несколько простых по устройству и налаживанию приставок для создания псевдостереоэффекта, основанных на применении фазовращателей.

Практика показывает, что качество звучания удовлетворительно, когда обе составляющие стереосигнала имеют на каждой частоте сдвиг по фазе на 90°. Получить столь большой сдвиг в полосе частот от 20 Гц до 20 кГц крайне затруднительно. Такие устройства сложны по конструкции и налаживанию, а поэтому применяются только в профессиональной аппаратуре. Если к псевдостереофонической аппаратуре не предъявлять очень высоких требований, то можно ограничиться сдвигом фазы в более узкой полосе частот, например, от 100 Гц до 5 кГц. Заметный псевдостереофонический эффект может быть получен с помощью простого фазовращателя, обеспечивающего сдвиг фазы на 90° в полосе средних частот — около 300—3000 Гц.

На рис. 41 показана принципиальная схема псевдостереоприставки, сдвигающей фазу сигнала на 90° в интервале частот от 50 Гц до 5 кГц. Ее основой является ступень с разделенной нагрузкой на транзисторе *Т1*. Как извест-

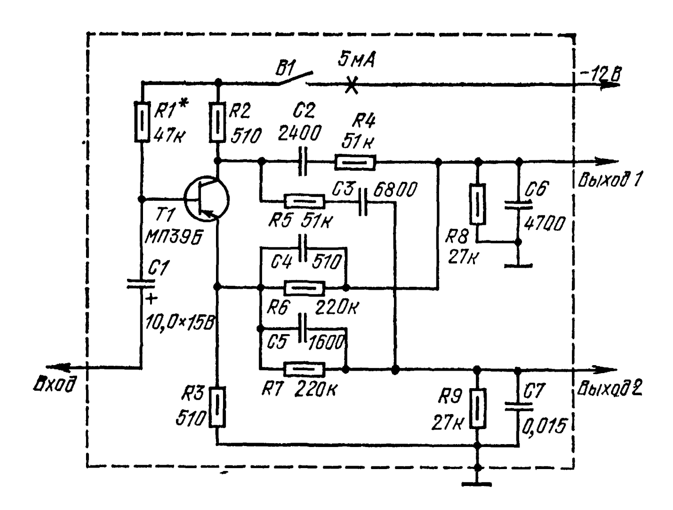


Рис. 41

но, выходные сигналы такой ступени, снятые с эмиттера и коллектора, оказываются равными по напряжению, но противоположными по фазе, т. е. смещенными на угол 180°. Эти два сигнала поступают далее на фазосдвигающие *RC*-цепи, завершающие формирование двух сигналов со сдвигом на 90±10° одночастотных составляющих в указанном интервале частот. Далее эти сигналы подводят к входам левого и правого каналов стереофонического усилителя.

Следует иметь в виду, что для хорошей работы фазовращателя в широкой полосе частот необходимо применять резисторы и конденсаторы с допуском ±5% (в крайнем случае ±10%). Желательно, чтобы транзистор *T1* был малошумящим, например, МП39Б, МП27, МП28 или ГТ108Б. В случае применения в приставке входного гнезда СГ-5 оба выхода можно объединить в одном разъеме, подключив вход *1* приставки к контакту *3*, а выход *2* — к контакту *5* а контакт *2* соединить с корпусом. Приставку можно подключать ко входу любого стереофонического усилителя переходным стандартным кабельным соединением.

Источником питания приставки может служить батарея из восьми элементов 343 или 373. Напряжение питания можно уменьшить до 9 В, при этом уменьшится до 4 мА потребляемый ток. Во избежание действия наводок желательно поместить приставку в металлическую экранирующую коробку. Усиление приставки по напряжению близко к единице. Поэтому входное напряжение монофонического сигнала должно быть не менее 300—500 мВ, что необходимо для нормальной работы большинства стереофонических усилителей.

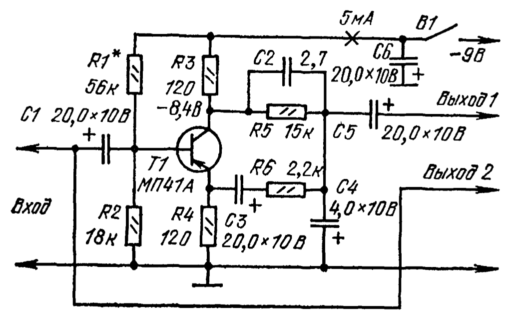


Рис. 42

На рис. 42 изображена принципиальная схема более простой приставки, сдвигающей фазу на 90° в интервале частот от 100 Гц до 8 кГц. Здесь фазосдвигающая *RC*-цепь содержит только два конденсатора и два резистора. Ступень выполнена по схеме с параметрической стабилизацией режима транзистора по постоянному току. Режим может быть скорректирован подбором резистора *R1*. Конденсаторы *C2* и *C4* набраны из нескольких (в частности, *C4* — из двух, емкостью по 2 мкФ).

Обе приставки обладают относительно малым входным сопротивлением, всего в несколько килоомов. Это не приводит к рассогласованию, когда входной сигнал к приставке поступает с выхода усилителя УНЧ. Но при этом качество псевдостереозвучания может оказаться невысоким (например, из-за больших искажений в усилителе НЧ приемника). Дальнейшее улучшение звучания, расширение полосы воспроизводимых частот возможно путем использования в качестве исходного сигнала, снятого с детектора приемника или с его линейного (высокоомного) выхода, если такой имеется. Но в этом случае необходимо, чтобы входное сопротивление приставки было не менее нескольких сотен килоомов.

На рис. 43 показана принципиальная схема несложного фазовращателя, обладающего высоким входным сопротивлением. Повышение входного сопротивления достигнуто введением на входе приставки эмиттерного повторителя на транзисторе *T1*. Фазовращатель состоит из переменного резистора *R6* и постоянного конденсатора *C3*. Переменный резистор позволяет плавно изменять частоту сигнала, на которой сдвиг по фазе равен 90°. Выходное напряжение снимается с коллектора транзистора *T3* выходной ступени.

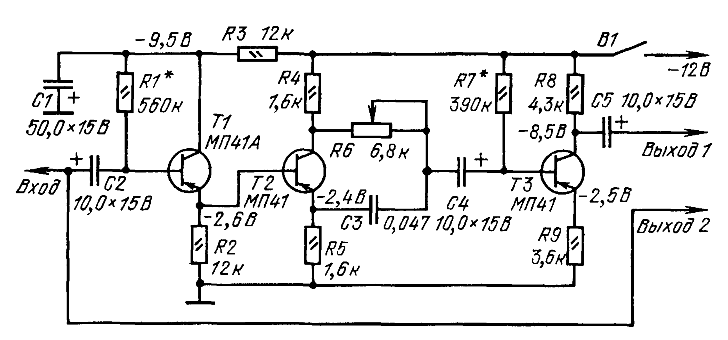


Рис. 43

Описанные псевдостереофонические приставки могут имитировать стереоэффект только при совместной работе со стереофоническим усилителем или двумя одинаковыми монофоническими и двумя громкоговорителями. Очевидно, что для достижения хорошего качества звучания потребуются громкоговорители относительно большой мощности.

В тех случаях, когда к качеству звучания не предъявляют высоких требований, а источник монофонического сигнала является маломощным (не более 300—500 мВт, например, переносный приемник из серий «Океан», «Спидола», «ВЭФ»), можно обойтись без дополнительных усилителей и дорогостоящих громкоговорителей.

На рис. 44 представлена принципиальная схема простейшей псевдостереофонической приставки, не содержащей усилительных ступеней, а потому не требующей питания. Основой приставки служит трансформатор *Тр1*, у которого вторичная обмотка состоит из двух одинаковых секций. Сигналы на их выводах относительно средней точки равны по амплитуде и противоположны по фазе. Эти сигналы поступают на простейшую фазосдвигающую *RC*-цепь, состоящую из последовательно соединенных резисторов *R1* и *R2* и конденсатора *C1*. Сигналы, приложенные к громкоговорителям, оказываются сдвинутыми по фазе на необходимый угол.

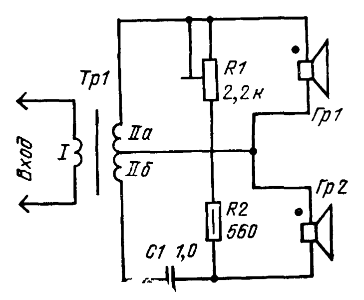


Рис. 44

В приставке использованы без переделки два одинаковых абонентских громкоговорителя. Они доступны, обладают удовлетворительной акустической отдачей, их полоса воспроиз-

водимых частот шире, чем у переносных и карманных приемников. Хорошие результаты были получены автором в опытах с громкоговорителями «Обь-3», «Сфера-301».

Переменный резистор *R1* — СП3-4в или СП3-23а. Конденсатор *C1* — МБМ на номинальное напряжение 160 В. Трансформатор *Тр1* — самодельный. Для его изготовления может быть использован магнитопровод от выходного трансформатора лампового приемника III или II класса, например, «Рекорд-353», сечением 20×24 мм. Первичная обмотка содержит 160 витков провода ПЭЛ 0,33, обмотка *II* — 2×800 витков при использовании абонентских громкоговорителей на напряжение 15 В и 2×1400 витков — на напряжение 30 В; провод — ПЭЛ 0,12. Между обмотками следует проложить бумажную прокладку в один-два слоя.

На рис. 45 показан внешний вид приставки, работающей вместе с переносным радиоприемником «Альпинист 407» на два абонентских громкоговорителя «Сфера-301». Коробка приставки склеена из пластмассы. Степень проявления псевдостереоэффекта во многом определяется взаимным размещением громкоговорителей. Поскольку выходная мощность портативных приемников невелика, слушатель должен находиться на расстоянии 70—80 см от громкоговорителей, а сами громкоговорители — на расстоянии 80—100 см один от другого.

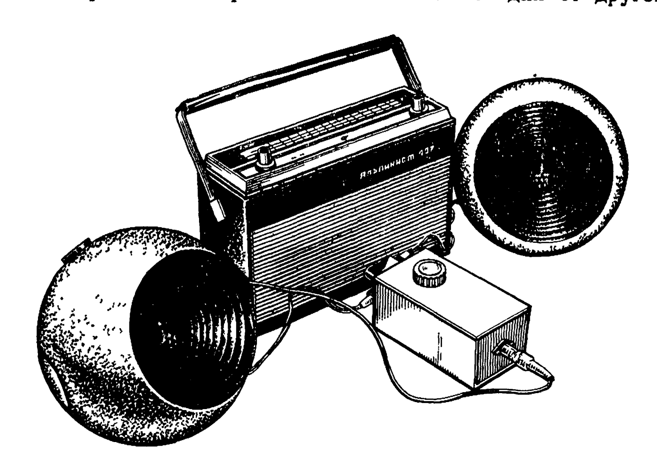


Рис. 45

Хотя по качеству работы псевдостереофонические приставки уступают стереофоническим, их изготовление и эксплуатация не представляет сложности. Нужно только обеспечить идентичность обоих каналов вплоть до громкоговорителей.

Компрессоры и экспандеры электрических сигналов

Известно, что при звукоусилении речевых программ (трансляции собраний, совещаний и т. п) приходится непрерывно регулировать уровень усиления. Это связано с различиями в громкости голоса у разных людей, с изменением положения микрофона и рядом других факторов.

Можно ли управлять усилением автоматически? Конечно, можно. Для этой цели разработаны устройства, называемые компрессорами, или сжимателями динамического диапазона сигнала. Они поддерживают выходное напряжение усилителя почти постоянным при изменении уровня сигнала в широких пределах.

При прослушивании музыкальных программ бывает нужно, чтобы относительно небольшие изменения уровня сигнала на входе усилителя приводили к заметному изменению громкости звучания. Иначе говоря, здесь требуется расширение динамического диапазона изменения уровня сигнала. Устройства для

реализации такой функции называют экспандерами или расширителями динамического диапазона.

Как компрессор, так и экспандер, включают обычно между выходом предварительного и входом оконечного усилителя НЧ, т. е. там, где напряжение сигнала достигает десятков милливольт. Ниже описаны два варианта компрессора и один экспандер. Различия в характеристиках этих двух видов приставок иллюстрирует рис. 46, где показаны амплитудные характеристики обычного линейного усилителя (*2*), компрессора (*3*) и экспандера (*1*). Если у линейного усилителя выходное напряжение прямо пропорционально входному, то у компрессора оно уменьшается медленнее, а у экспандера быстрее входного по сравнению с линейным усилителем.

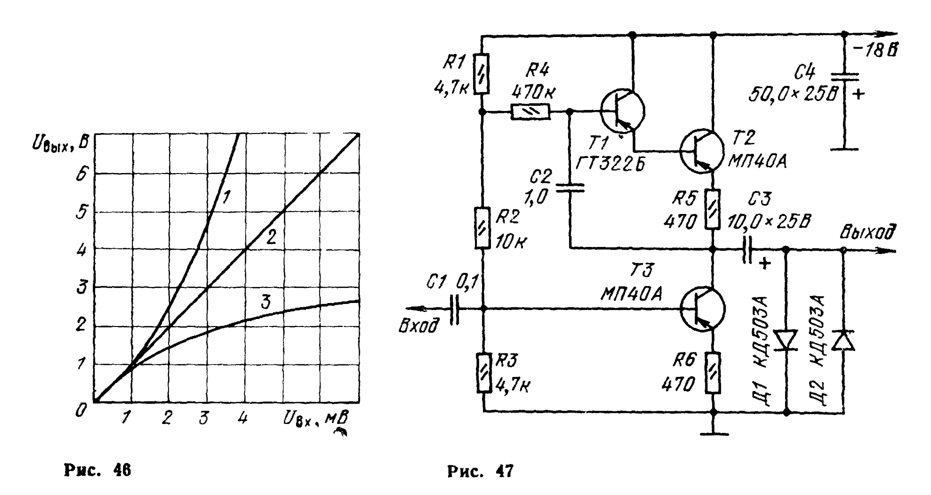


Рис. 46 Рис. 47

Компрессоры. Принципиальная схема простого компрессора электрических сигналов микрофона изображена на рис. 47. Устройство представляет собой ступень усиления с динамической нагрузкой. Роль динамической нагрузки играет составной транзистор *T1T2*. Сигнал с коллектора транзистора *Т3* через конденсатор *С3* поступает на симметричный диодный ограничитель, который и обладает компрессионными свойствами.

При малом входном сигнале (менее 20 мВ) выходное напряжение ступени не превосходит 0,1—0,2 В. Оба диода при этом практически закрыты и не влияют на характеристику устройства. По мере увеличения входного напряжения диоды открываются, их внутреннее сопротивление уменьшается, шунтируя выходную цепь. Это эквивалентно снижению коэффициента усиления ступени. В среднем можно считать, что при слабом сигнале коэффициент усиления ступени равен примерно 100—150, тогда как при сильном он близок к единице (или меньше).

Диодный ограничитель является источником искажений сигнала, что и ограничивает применение таких компрессоров. В этом отношении значительно лучше работают компрессоры, построенные по принципу автоматического регулирования коэффициента усиления. На рис. 48 показана принципиальная схема такого компрессора. Транзисторы *Т1—Т3* образуют усилитель НЧ с большим коэффициентом усиления, который зависит от глубины отрицательной обратной связи через цепь *C7R10*.

Конденсатор *С7*, устраняющий действие отрицательной обратной связи, подключен к общему проводу через канал полевого транзистора *Т4*. На его затвор относительно истока подано закрывающее напряжение, образующееся в результате выпрямления и фильтрации выходного напряжения усилителя. При малом выходном напряжении выпрямленное напряжение также мало, поэтому канал транзистора *Т4* полностью открыт и его сопротивление мало (всего несколько десятков омов). Но по мере увеличения выходного напряжения увеличивается и

сопротивление канала транзистора *Т4*. В результате этого действие отрицательной обратной связи усиливается, что приводит к сдерживанию роста выходного напряжения. На рис. 49,*а* приведена зависимость сопротивления $R_{с-и}$ канала полевого транзистора *Т4* от закрывающего напряжения $U_{и-з}$ на затворе, а на рис. 49,*б* — переходная характеристика компрессора в целом.

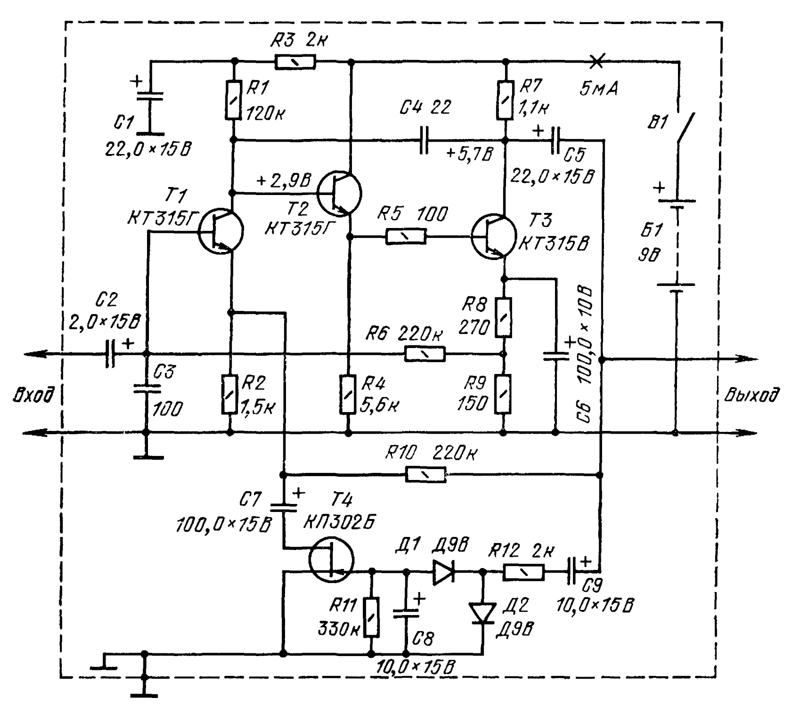


Рис. 48

Как видно из графика, переходная характеристика имеет довольно протяженный участок, где выходное напряжение не зависит от входного (при входном напряжении более 15—20 мВ). Такое высокое качество компрессирования сигнала обусловлено также действием общей отрицательной обратной связи че-

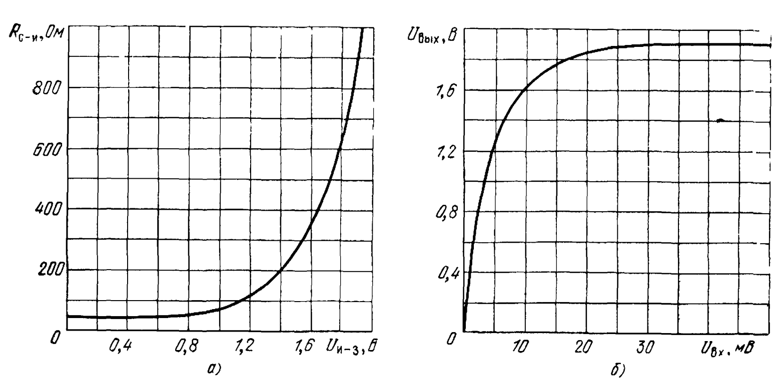


Рис. 49

рез резистор *R10*, также усиливающейся по мере увеличения закрывающего транзистор *T4* напряжения.

Компрессор по схеме рис. 48 может работать от источника питания напряжением 9 или 12 В. Сопротивления резисторов и режимы работы транзисторов по постоянному току, указанные на схеме, относятся к источнику напряжением 9 В. Для случая питания от 12 В сопротивление резистора *R1* должно быть 180 кОм, *R4*—6,2 кОм, *R7* — 2,2 кОм. Транзисторы КТ315Г и КТ315В можно заменить на КТ312В, КП302Б на КП303Б. Во избежание наводок желательно поместить компрессор в металлическую экранирующую коробку.

Описанные выше компрессоры могут найти применение не только в звукотехнике, но и в различных светодинамических устройствах, о чем пойдет речь ниже.

Экспандер. На рис. 50 изображена принципиальная схема одного из возможных вариантов экспандера. Приставка содержит две ступени усиления НЧ, причем одна из них, на транзисторе *T1*, является основной, другая — вспомогательной. Входной сигнал поступает на базу обоих транзисторов. В эмиттерной цепи транзистора *T1* включены последовательно два резистора (*R3* и *R4*) с сопротивлением у одного в 100 раз больше, чем у другого. Конденсатор *C4*, обычно шунтирующий резистор *R4* для устранения действия отрицательной обратной связи, подключен к выходу выпрямителя на диодах *Д2—Д5* через сглаживающий *RC*-фильтр. Напряжение сигнала, подаваемое на этот выпрямитель, снимается со вторичной обмотки трансформатора *Тр1*, включенного в коллекторную цепь транзистора *T2*. Сглаживающий фильтр шунтирован кремниевым диодом *Д1*.

При малом сигнале на входе выпрямленное напряжение на аноде диода *Д1* не превышает 0,5 В, поэтому он закрыт. Это значит, что конденсатор *C4* практически отключен от общего провода и глубина отрицательной обратной связи максимальна. При этом усиление ступени на транзисторе *T1* меньше единицы, примерно 0,5.

По мере увеличения входного напряжения сигнала увеличивается и напряжение на аноде диода *Д1*. Как только последнее достигнет уровня 0,6 В, диод *Д1* открывается и его сопротивление уменьшается, причем тем сильнее, чем

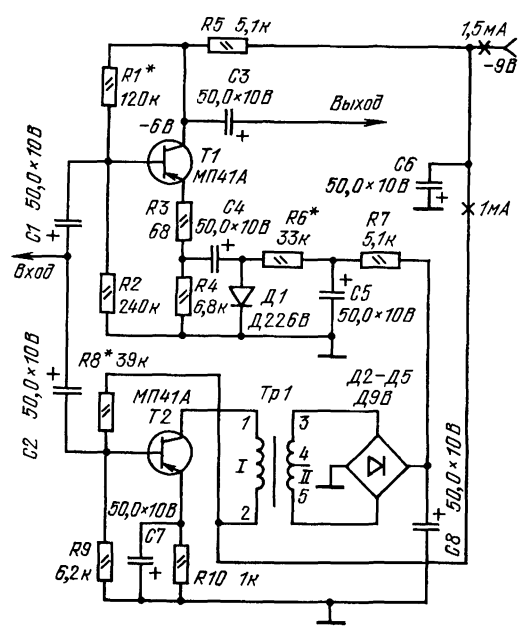


Рис. 50

больше входной сигнал. Теперь конденсатор *C4* начинает шунтировать резистор *R4*. Действие отрицательной обратной связи уменьшается, а коэффициент усиления ступени на транзисторе *T1* увеличивается, достигая в максимуме 25.

Таким образом, при изменении напряжения входного сигнала от минимального до максимального коэффициент усиления приставки плавно увеличивается почти в 50 раз. Небольшое изменение амплитуды входного сигнала будет вызывать значительно большее изменение амплитуды выходного, т. е. будет происходить эффективное расширение динамического диапазона входного сигнала. Параметры фильтрующей *RC*-цепи подобраны так, что управляющее напряжение на диоде *Д1* успевает следить за медленными изменениями амплитуды входного сигнала.

В экспандере можно использовать транзисторы МП39Б, МП40А, МП42Б, МП25Б. Диод *Д1* — любой из серий Д220 или Д226. Диоды *Д2—Д5* — германиевые, любые из серий Д2, Д9. Трансформатор *Тр1* — согласующий, работает от приемников серии «ВЭФ». Он намотан на магнитопроводе 8×8. Первичная обмотка — 2200 витков провода ПЭЛ 0,1; вторичная — две секции по 480 витков провода ПЭЛ 0,14, средний отвод не используется.

Налаживают собранный экспандер следующим образом. Сначала в отсутствие входного сигнала устанавливают режим транзистора *T1* с точностью ±0,5 В подбором резистора *R1*. Затем контролируют коллекторный ток транзистора *T2* и в случае отклонения более чем на ±0,2 мА подбирают сопротивление резистора *R8*.

Затем на вход приставки подают напряжение сигнала, а к выходу подключают основной усилитель НЧ. В качестве источника сигнала можно использовать предварительный усилитель электрофона или другое подобное устройство с относительно низким выходным сопротивлением. Далее, постепенно увеличивая напряжение сигнала, наблюдают за изменением громкости работы основного усилителя. Степень экспандирования можно изменить подбором резистора *R6*.

ПИТАНИЕ ТРАНЗИСТОРНОЙ АППАРАТУРЫ ОТ СЕТИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

В стационарных условиях при наличии сети переменного тока транзисторные конструкции целесообразно питать не от элементов и батарей, а от сетевого блока питания с низковольтным выходом. В настоящее время промышленность выпускает несколько типов портативных приемников, магнитофонов и электрофонов с универсальным питанием, т. е. работающих как от батарей, так и от сети. В их корпусе смонтирован маломощный сетевой блок питания, часто со стабилизатором напряжения. Если встроенного сетевого блока питания в аппаратуре нет, то удобно пользоваться малогабаритными блоками-приставками, выпускаемыми промышленностью. Например, для питания от сети карманных и небольших переносных приемников предназначен блок питания БП-9 с выходным напряжением 9 В при токе нагрузки до 100 мА. Подобный блок БП-12 имеет выходное напряжение 12 В.

Если приставку приобрести не удалось или требуются другие напряжение или ток, то блок питания нетрудно собрать и самостоятельно. Ниже описано несколько конструкций блоков питания и стабилизаторов напряжения к ним, которые позволяют питать от сети практически все конструкции, описанные в этой книге, или любые другие, требующие для работы постоянного напряжения не более 24 В при токе нагрузки до 1 А.

Как правило, сетевой блок питания транзисторной аппаратуры содержит понижающий трансформатор *Тр1* (рис. 51), двухполупериодный выпрямитель на диодах *Д1—Д4* и сглаживающий (фильтрующий) конденсатор *C1*. Для обеспечения безопасности работы с выпрямителем в первичной цепи предусмотрен плавкий предохранитель *Пр1*. Во всех случаях блок соединяют с сетью двухпроводным стандартным кабелем с типовой вилкой на конце. Для включения и выключения блока имеется тумблер *В1*.

Среднее значение выпрямленного тока, выходное постоянное напряжение $U_{пит}$ и уровень его пульсаций зависят от параметров трансформатора, емкости конденсатора *C1* и сопротивления нагрузки. Для опытного радиолюбителя не

составляет трудности самостоятельно изготовить трансформатор с требуемыми характеристиками. Менее опытные и начинающие предпочитают использовать подходящие готовые трансформаторы. Следует заметить, что трансформатор является весьма ответственным узлом любого блока питания, от качества его изготовления зависят не только выходные характеристики блока, но и его надежность и безопасность работы с ним. Поэтому лучше всего для низковольтного блока питания использовать готовый понижающий трансформатор.

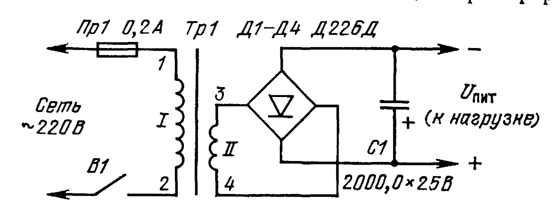


Рис. 51

Радиолюбительская практика показала, что в блоке питания лучше всего использовать выходной трансформатор кадровой развертки телевизора. Эти трансформаторы выпускаются в нескольких модификациях, что обеспечивает широкий интервал значений выходного напряжения. Основные данные наиболее распространенных телевизионных трансформаторов кадровой развертки приведены в табл. 6.

Таблица 6

Трансформатор	Магнитопровод	Обмотка (номера выводов)	Число витков	Диаметр провода, мм	Сопротивление постоянному току, Ом
ТВК-70Л2	УШ16×24	*I(1—2)* *II(3—4)*	3000 146	0,12 0,47	460 1,75
ТВК-110ЛМ	ШЛ16×25	*I(1—2)* *II(3—4)* *III(5—6)*	2400 148 240	0,14 0,62 0,14	280 1,05 30
ТВК-110Л-1	ШЛ20×32	*I(1—2)* *II(3—4)* *III(5—6)*	2140 214 238	0,17 0,64 0,17	250 1,5 25
ТВК-110Л-2	УШ16×24	*I(1—2)* *II(3—4)* *III(5—6)*	2430 150 243	0,15 0,55 0,15	280 1,05 32
ТВК от «Темп-6М», «Темп-7»	Ш19×28	*I(1—2)* *II(3—4)*	3000 168	0,15 0,55	370 1,5

Как видно из таблицы, некоторые трансформаторы имеют не одну, а две понижающие обмотки, из которых одна намотана более толстым проводом. Обычно как понижающую используют именно эту обмотку, а другую либо оставляют отключенной, либо используют совместно с другим выпрямителем для

питания устройств с потребляемым током не более 50 мА. Например, такой отдельный источник может пригодиться для питания предварительного усилителя.

Диоды *Д1—Д4* могут быть германиевыми (серия Д7) или кремниевыми (серий Д226, Д229, Д242). Максимально допустимый выпрямленный ток зависит от мощности трансформатора, толщины провода его обмоток и типа диодов в выпрямителе. Указанные в таблице трансформаторы допускают выпрямленный ток до 1 А. Диоды серии Д7 и Д226 обеспечивают длительную работу блока при токе до 0,6 А и кратковременную — до 1 А. Диоды Д229 рассчитаны на выпрямление тока до 0,9 А (кратковременно — до 1,5 А). Диоды Д242 при установке на теплоотвод могут длительно выпрямлять ток до 10 А.

Следует иметь в виду, что под нагрузкой вследствие падения напряжения на обмотках трансформатора и диодах выпрямленное напряжение уменьшается, и тем более, чем больше потребляемый ток. Для указанных в таблице трансформаторов при использовании кремниевых диодов серии Д226 выходное напряжение блока питания при различном потребляемом токе может быть определено по табл. 7.

Таблица 7

Трансформатор	Выходное напряжение блока питания, В, при токе нагрузки, А					
	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
ТВК-110Л-1	28	26	24	23	22	21
ТВК-110ЛМ, ТВК-110Л-2	18	15	13	12	11	10
ТВК-70Л2, ТВК от «Темп-6М», «Темп-7»	14	11	9	8	7	6

Рис. 52

При выборе сглаживающего электролитического (оксидного) конденсатора *С1* следует иметь в виду, что чем больше ток нагрузки, тем большую емкость он должен иметь, иначе переменная составляющая выходного напряжения (ее обычно называют напряжением пульсаций) может оказаться слишком большой. В усилителях НЧ она проявляется в виде фона низкой частоты (100 Гц) в звучании громкоговорителя. Требуемую емкость можно определить опытным путем по минимуму фона. Номинальное напряжение конденсатора *С1* должно быть по крайней мере на 20% больше выходного напряжения при отключенной нагрузке. При наличии запаса по напряжению выпрямитель может надежно работать длительное время даже при повышенном напряжении сети. Если емкость одного конденсатора недостаточна для обеспечения нормальной работы нагрузки, то можно включить параллельно два, три или более конденсаторов.

Конструкция выпрямителя должна обеспечивать полную электробезопасность. Для этого все детали блока размещают на плате из гетинакса или текстолита толщиной 1,5—2,0 мм. Все детали и провода, находящиеся под сетевым напряжением, должны быть хорошо изолированы. Наличие плавкого предохранителя обязательно. Блок помещают в коробку с вентиляционными отверстиями.

На рис. 52 показан внешний вид блока питания, собранного на трансформаторе ТВК-110ЛМ. В нем использованы диоды Д229Г и два включенных параллельно конденсатора К50-3А на 500 мкФ×25 В. Блок обеспечивает выпрямленное напряжение от 14 до 10 В при изменении потребляемого тока от нуля до 0,3 А соответственно.

Для получения большего выходного напряжения при значительном токе следует использовать два одинаковых трансформатора, включив их первичные

(сетевые) обмотки параллельно, а вторичные — последовательно — как показано на рис. 53. В этом случае выходное напряжение при том же токе нагрузки удваивается. Например, от двух трансформаторов ТВК-110Л-1 можно получить напряжение 42 В при токе до 1 А, а от двух трансформаторов ТВК-110ЛМ или ТВК-110Л2 — 24 В при 0,6 А. Кроме этого, можно получить источник питания с общей точкой (часто называемый двуполярным). Он имеет два равных, но противоположных по знаку относительно вывода напряжения. Двуполярные источники широко применяют для питания многих интегральных микросхем, а также современных усилителей НЧ.

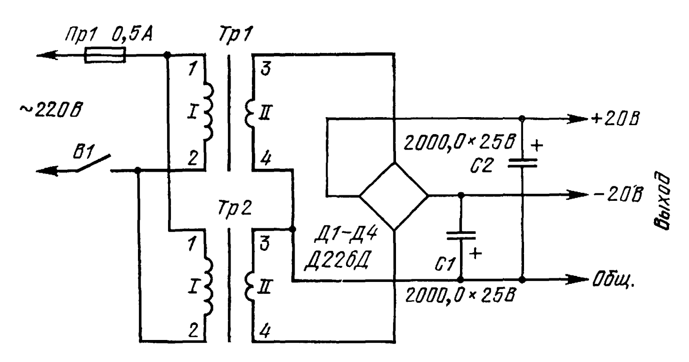


Рис. 53

Описанные блоки питания имеют два существенных недостатка — высокий уровень пульсаций и заметную зависимость выходного напряжения от тока нагрузки. Устранить эти недостатки можно только применением стабилизаторов постоянного напряжения.

На рис. 54 представлена принципиальная схема простого стабилизированного блока питания для портативных приемников, работающих от батареи напряжением 9 В и потребляющих ток не более 120 мА. От описанных выше этот блок отличается наличием параметрического стабилизатора напряжения, собранного на стабилитроне *Д5* и балластном резисторе *R1*, и усилителя тока на

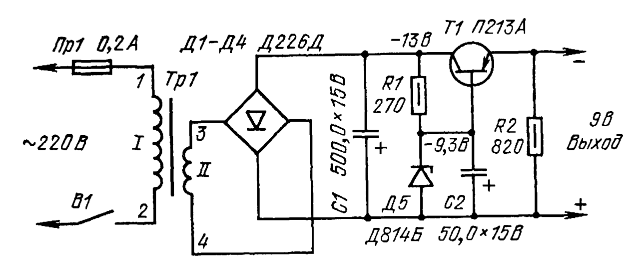


Рис. 54

транзисторе *Т1*. Выходное напряжение поддерживается равным 9±0,2 В при изменении тока нагрузки от нуля до 120 мА. Принцип действия стабилизатора основан на том, что на базе транзистора *Т1*, включенного эмиттерным повторителем, поддерживается практически постоянное напряжение смещения. Напряжение на базе фиксировано параметрическим стабилизатором (полярность включения диода *Д5* должна быть изменена на обратную). Для уменьшения уровня пульсаций выходного напряжения стабилитрон шунтирован конденсатором *С2*. Резистор *R2* ограничивает увеличение выходного напряжения при отключении нагрузки.

В блоке использован трансформатор ТВК-70Л-2 и оксндные конденсаторы К50-6. Транзистор может быть любым из серий П213—П217, но желательно,

чтобы его статический коэффициент передачи тока базы не был менее 20. Стабилитрон Д814Б можно заменить на Д809. Транзистор необходимо установить на теплоотвод в виде пластины толщиной 3—5 мм и размерами 50×50 мм из дюралюминия.

Выходное напряжение описанного блока питания фиксировано на уровне 9 В, тогда как в любительской практике нередко требуется источник постоянного тока с плавно изменяемым выходным напряжением. Кроме того, простые стабилизаторы напряжения очень чувствительны к перегрузке и быстро выходят из строя при коротком замыкании в цепи нагрузки, когда через транзистор протекает ток в несколько раз больше допустимого. Ниже рассмотрены два варианта стабилизированного блока питания, обеспечивающего регулирование выходного напряжения и предельно допустимого тока нагрузки.

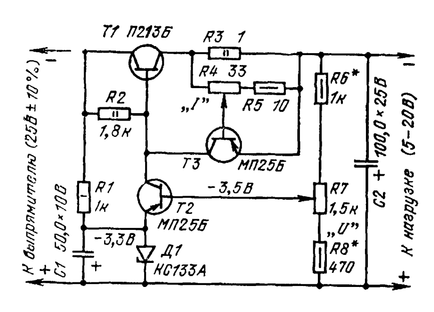


Рис. 55

Принципиальная схема первого из них показана на рис. 55 (трансформатор, выпрямитель и фильтрующий конденсатор на схеме для простоты не показаны). Стабилизатор построен по компенсационной схеме. Выходное напряжение плавно регулируют переменным резистором *R7*, управляющим смещением на базе транзистора *Т2*. В цепь эмиттера этого транзистора включен стабилитрон *Д1*, фиксирующий напряжение на эмиттере. Пределы изменения выходного напряжения устанавливаются подбором сопротивлений резисторов *R8* (верхний предел) и *R6* (нижний предел).

Максимальный ток нагрузки ограничивает устройство на транзисторе *Т3*. Смещение на его базе зависит от тока нагрузки, протекающего через резистор *R3*, и положения движка переменного резистора *R4*. При токе нагрузки, большем максимального, падение напряжения на резисторе *R3* открывает транзистор *Т3* и он сильно шунтирует цепь базы регулирующего транзистора *Т1*, ограничивая ток через него.

Максимальный ток нагрузки плавно изменяют переменным резистором *R4*. Шкалы установки выходного напряжения и максимального тока калибруют, подключив к выходу стабилизатора постоянный резистор сопротивлением 200 Ом и мощностью 2 Вт. Шкалу регулятора тока (резистор *R4*) калибруют по амперметру, подключенному параллельно конденсатору *С2*. Сначала движок резистора *R4* переводят в крайнее левое по схеме положение. Прибор покажет минимальный ток нагрузки стабилизатора. Вращая ручку регулятора, регистрируют изменение значения тока. Верхний предел тока устанавливают на уровне около 0,2 А подбором резистора *R5*.

Транзистор *Т1* необходимо установить на теплоотвод. Блок питания целесообразно оснастить вольтметром постоянного тока со шкалой на 25—30 В и

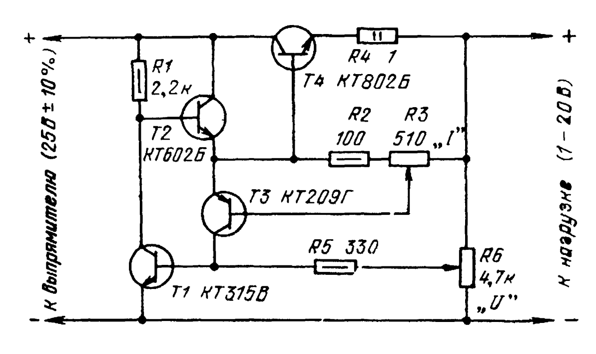


Рис. 56

амперметром на 200 мА. Вольтметр подключают параллельно нагрузке, а амперметр — последовательно с ней.

Стабилизатор может отдать в нагрузку и ток, превышающий 120 мА. Для этого необходимо транзистор МП25Б (*Т2*) заменить на более мощный —ГТ402Б, а регулирующий транзистор П213Б (*Т1*) установить на более мощный теплоотвод.

На рис. 56 представлена схема второго варианта стабилизатора, он собран на кремниевых транзисторах. Здесь регулирующим является транзистор *Т4*. Транзисторы *Т1, Т2, Т4* работают в стабилизаторе, а *Т3* — в системе ограничения выходного тока. Выходное напряжение регулируют переменным резистором *R6*, а максимальный ток нагрузки — переменным резистором *R3* в пределах от 10 мА до 3 А. Максимальное подводимое к стабилитрону напряжение — 35 В.

Вместо транзистора КТ802Б могут быть использованы КТ805, КТ807, КТ903, КТ905 с различными буквенными индексами; вместо КТ602Б любой из серий КТ602, КТ603, КТ605. Отсутствие стабилитрона объясняется тем, что его функцию здесь выполняет эмиттерный переход транзистора *Т1*, который открывается при напряжении около 0,6 В. Стабильность выходного напряжения такого стабилизатора несколько хуже, чем у стабилизаторов со стабилитроном.

ГРОМКОГОВОРИТЕЛИ

Громкоговорителем принято называть комплекс, состоящий из одной или нескольких динамических головок прямого излучения и акустического оформления — деревянного, пластмассового или, металлического ящика. Громкоговоритель является неотъемлемой и весьма важной составной частью любой электроакустической системы. От того, насколько правильно выбрана головка и сконструирован громкоговоритель к усилителю НЧ, во многом зависит качество работы электроакустической системы в целом. Практика показывает, что никакие ухищрения в усилителе не могут улучшить работу посредственного громкоговорителя. И наоборот, хороший громкоговоритель может обеспечить высокое качество звука при работе со сравнительно простым усилителем НЧ.

Для обеспечения высокого качества звучания электроакустической установки следует применять готовые громкоговорители. Отечественная промышленность

Таблица 8

Громкоговоритель	Номинальная мощность, Вт	Рабочий интервал частот, Гц	Среднее стандартное звуковое давление, Па	Число частотных полос	Номинальное электрическое сопротивление, Ом	Габаритные размеры, мм
35АС-1	35	30—20 000	0,1	3	4	710×360×282
35АС-208	35	30—20 000	0,1	3	4	630×350×290
25АС-2	25	40—20 000	0,11	3	4	480×285×250
25АС-9	25	40—20 000	0,1	3	4	480×285×250
20АС-1	20	63—18 000	0,25	2	16	440×310×280
20АС-2	20	40—18 000	0,15	2	16	630×340×250
15АС-4	15	63—20 000	0,1	2	4	420×250×190
10МАС-1М	10	63—18 000	0,15	2	8	424×270×230
10АС-7	10	63—20 000	0,18	1	4	420×275×230
10АС-9	10	63—18 000	0,1	2	4	360×210×175
8АС-3	8	100—10 000	0,25	1	2	470×270×170
8АС-4	8	100—10 000	0,25	1	8	464×268×165
6АСЛ-1	6	63—18 000	0,10	2	4	430×285×170
6АС-2	6	63—18 000	0,1	2	4	300×170×168
6МАС-4	6	63—18 000	0,1	2	4	280×190×174
6АС-9	6	63—20 000	0,1	2	4	330×184×130
4АС-4	4	80—12 500	0,2	1	4	365×270×140
3АС-5	3	100—10 000	0,2	1	4	380×270×190
3АС-3	3	125—10 000	0,2	1	4	376×260×190

выпускает большой ассортимент громкоговорителей, способных удовлетворить самые различные требования. В табл. 8 сведены основные характеристики наиболее распространенных громкоговорителей. Как же из них выбрать такой, который лучше всего подойдет для той или иной установки?

В первую очередь для этого необходимо знать номинальную или максимальную выходную мощность усилителя НЧ, с которым будет работать громкоговоритель, а также номинальное сопротивление нагрузки усилителя. Номинальная мощность громкоговорителя должна быть в 1,5—2 раза больше номинальной мощности усилителя (в крайнем случае равна ей). Выполнение этого требования гарантирует отсутствие перегрузки громкоговорителя, а также способствует снижению искажений звука при работе с полной громкостью. Важно также, чтобы номинальное электрическое сопротивление громкоговорителя было не менее допустимого сопротивления нагрузки усилителя. В противном случае усилитель на большой мощности будет работать с перегрузкой, появятся искажения звука и возрастет вероятность выхода из строя оконечных транзисторов усилителя. Если же указанные требования соблюдены, выбранный громкоговоритель обеспечит надежную работу усилителя и хорошее качество звучания.

При оценке качества работы громкоговорителя в первую очередь следует сказать о его рабочем интервале частот. Лучшими считают те громкоговорители, которые способны воспроизводить с минимальными искажениями возможно более широкий интервал частот. Рабочий интервал частот зависит от числа частотных полос громкоговорителя, если в нем установлено более одной динамической головки. Высококачественные громкоговорители имеют две — три полосы, а самые простые — всего одну. Из табл. 8 видно, что наиболее широкий интервал частот воспроизводят трехполосные громкоговорители. Например, трехполосный громкоговоритель 35АС-1 имеет рабочий интервал частот 30—20 000 Гц, тогда как однополосный громкоговоритель 8АС-4 — только 100—10 000 Гц*.

Для любительских конструкций с небольшой выходной мощностью большую роль играет такой параметр, как среднее стандартное звуковое давление. Это давление, которое развивает громкоговоритель на расстоянии 1 м на его оси при подведении к нему мощности, равной 0,1 Вт. Этот параметр, измеряемый в паскалях (Па), косвенно свидетельствует об относительном КПД громкоговорителя, т. е. о том, насколько эффективно электрическая мощность сигнала преобразуется в акустическую. В среднем можно считать, что стандартное давление 0,2 Па соответствует КПД, равному 1%. Сам КПД пропорционален квадрату стандартного давления, поэтому громкоговорители, развивающие стандартное давление 0,1 Па, оказываются в 4 раза хуже по эффективности использования электрической энергии, чем те, у которых оно равно 0,2 Па.

Сравним два громкоговорителя одной и той же номинальной мощности, например, 20АС-1 и 20АС-2. У первого стандартное давление 0,25, а у второго — 0,15 Па. Значит, первый громкоговоритель имеет отдачу в 2,6 раза большую, чем второй. Но зато у первого громкоговорителя уже рабочий интервал частот — от 63 Гц до 18 кГц вместо 40 Гц — 18 кГц у второго. Поэтому громкоговоритель 20АС-1 целесообразно использовать совместно с усилителем относительно небольшой мощности, например, 6—8 Вт, тогда как 20АС-2 — с усилителем на 12—15 Вт.

Простые громкоговорители

В тех случаях, когда громкоговоритель с требуемыми характеристиками приобрести не представляется возможным, его придется изготовить самостоятельно. Для этого потребуется одна или несколько однотипных динамических головок и сравнительно несложное акустическое оформление — деревянный ящик. В любительских условиях лучше всего использовать широкополосные динамические головки. Во-первых, они есть в прейскуранте базы Посылторга, часто бывают в розничной продаже и относительно недороги. Во-вторых, громкоговорители с широкополосными динамическими головками проще в изго-

*В последнее время разработаны и выпускаются промышленностью широкополосные головки, на базе которых можно построить однополосные громкоговорители с очень широким рабочим интервалом частот.

товлении, чем громкоговорители, в которых используют несколько различных головок. Правда, самодельные громкоговорители на базе широкополосных головок имеют рабочий интервал воспроизводимых частот у́же, примерно от 50—60 Гц до 14—16 кГц.

Внешне громкоговорители как промышленного изготовления, так и самодельный чаще всего оформляют в виде параллелепипеда. Лицевую панель драпируют неплотной хлопчатобумажной или синтетической тканью. Ящик громкоговорителя изготовляют из досок или древесностружечных плит толщиной 15—20 мм.

Для самодельных громкоговорителей можно использовать динамические головки, перечень и характеристики которых приведены в табл. 9. Первые цифры в обозначении головки указывают на ее номинальную мощность.

Выбор головок и их числа в громкоговорителе определяется его назначением и требуемой номинальной мощностью. При этом необходимо иметь в виду и номинальное сопротивление головки, и сопротивление громкоговорителя в целом. Если в нем предполагается использовать только одну головку, ее номинальная мощность должна быть не меньше номинальной мощности усилителя НЧ, с которым громкоговоритель будет работать, а сопротивление головки должно быть не меньше минимального сопротивления нагрузки усилителя. Как показывает практика, лучше всего для такого громкоговорителя подходит четырехваттная головка 4ГД-4, 4ГД-35 или 4ГД-36. В крайнем случае можно использовать головку 3ГД-38Е.

Таблица 9

Головка динамическая	Номинальная мощность, Вт	Номинальное сопротивление, Ом	Среднее стандартное звуковое давление, Па	Рабочий интервал воспроизводимых частот, Гц	Резонансная частота, Гц	Габаритные размеры, мм	Масса, г
0,5ГД-30	0,5	16	0,3	125—10 000	125	122×80×49	190
0,5ГД-31	0,5	16	0,2	125—10 000	125	122×80×49	190
1ГД-36	1	8	0,3	100—10 000	100; 140	160×96×50	250
1ГД-37	1	8	0,3	140—10 000	100; 140	160×100×37	200
1ГД-39	1	8	0,2	200— 6 300	100; 140	⌀100×35	200
1ГД-40	1	8	0,3	100—10 000	100; 140	160×96×150	250
2ГД-3	2	4,5	0,25	70—10 000	80; 100	⌀146×69	400
2ГД-8 ВЭФ	2	4,5	0,23	80— 7 000	90	⌀146×69	500
2ГД-40	2	4	0,3	100—10 000	100; 140	160×96×50	250
3ГД-38Е	3	4	0,2	80—12 500	80	160×160×74	380
4ГД-4	4	8	0,27	60—12 000	60	⌀202×100	1500
4ГД-35	4	8	0,28	63—12 500	60	200×200×85	650
4ГД-36	4	4, 8	0,2	63—12 500	60	200×200×85	650

Нужно отметить, что динамические головки выдерживают значительные перегрузки по подводимой мощности. Так, головки новых разработок 3ГД-38Е, 4ГД-35, 4ГД-36 в паспорте имеют и такой параметр, как паспортная мощность. Паспортная мощность головки 3ГД-38Е — 5 Вт, а головок 4ГД-35 и 4ГД-36—по 8 Вт. За рубежом аналогом паспортной мощности головок является их максимальная мощность.

Но несмотря на имеющийся запас механической прочности, не следует перегружать головку, поскольку при этом уровень нелинейных искажений звукового сигнала заметно повышается. Обычно коэффициент нелинейных искажений головки на номинальной мощности не превышает 5—10%. При достижении паспортной мощности коэффициент нелинейных искажений может достичь значения, когда они становятся заметными на слух.

В тех случаях, когда требуется создать громкоговоритель номинальной мощностью большей, чем допускает одна головка, устанавливают несколько одина-

ковых головок (обычно две — четыре), электрически соединенных между собой последовательно, параллельно или смешанно. Номинальная мощность такого громкоговорителя равна сумме номинальных мощностей головок.

Было бы ошибкой считать, что наличие даже самых лучших головок гарантирует высокое качество громкоговорителя. Для этого необходимо еще подобрать соответствующее акустическое оформление, т. е. оптимальную для этих головок конструкцию ящика громкоговорителя. Кроме лицевой панели, на которую устанавливают головку или несколько головок, боковых, задней, нижней и верхней панелей, конструкция ящика может включать в себя и внутренние перегородки, различные поглощающие покрытия и другие детали. Существует несколько разновидностей акустического оформления громкоговорителя, имеющих свои особенности конструкции, достоинства и недостатки.

В первую очередь общая конструкция громкоговорителя определяется числом его головок. Если головок в нем несколько и они размещены близко одна к другой, то такой громкоговоритель называют групповым излучателем. Название это означает, что на низших частотах и частично на средних диффузоры головок колеблются почти синфазно, из-за чего акустическая отдача громкоговорителя увеличивается. На самых низких частотах увеличение отдачи кратно числу головок.

Эту особенность групповых излучателей давно и эффективно используют в профессиональной звукоусилительной технике, например, в кинотеатральных установках, а в последнее время и в любительских конструкциях. Рабочий интервал воспроизводимых частот таких громкоговорителей расширен снизу по сравнению с громкоговорителями с одной головкой. Вместе с этим эффективность воспроизведения низших частот во многом зависит от размеров и конструкции ящика громкоговорителя. В среднем можно считать, что для понижения нижней границы рабочего интервала воспроизводимых частот нужно увеличивать размеры ящика.

Тем не менее известны конструкции громкоговорителей, которые при относительно небольших внешних размерах ящика имеют весьма малое значение низшей воспроизводимой частоты. На рис. 57 представлены различные варианты конструкции акустического оформления для одной головки. Громкоговорители с несколькими головками могут быть устроены подобным образом. Самый простой вариант представляет собой ящик без задней стенки (рис. 57,*а*). Головка установлена на передней панели ящика раскрывом диффузора вперед, по направлению к слушателю. Звуковые колебания, возбуждаемые тыльной поверхностью диффузора, находятся в противофазе с колебаниями от передней его поверхности. Для того чтобы полезные акустические колебания от передней поверхности диффузора не были подавлены в результате наложения на них колебаний от тыльной поверхности, ящик должен быть глубоким настолько, чтобы акустические волны от тыльной стороны диффузора достигали плоскости передней панели с определенной задержкой по сравнению с прямыми волнами, т. е. со сдвигом по фазе. На самой низкой воспроизводимой частоте этот сдвиг должен составлять 90°, для более высокой частоты он будет бóльшим.

Громкоговорители без задней стенки хорошо реализуют энергетические возможности головки, но имеют один недостаток: на качество их работы влияет наличие стен и других предметов, находящихся вблизи заднего отверстия ящика. Поэтому такие громкоговорители приходится устанавливать не ближе 30—40 см от стены.

От указанного недостатка свободны громкоговорители с задней стенкой или замкнутые громкоговорители. Громкоговоритель может представлять собой герметизированный ящик, на передней панели которого установлена динамическая головка (рис. 57,*б*). Во избежание нежелательных отражений звука от внутренней поверхности ящика, ее покрывают толстым слоем звукопоглощающего материала (натуральной или минеральной ваты, шерсти, войлока и др.). Но такому громкоговорителю присущ другой недостаток — повышенне резонансной частоты примерно в 2—3 раза и связанное с этим сужение рабочего интервала частот. Этот недостаток устраняют применением специальных компрессионных головок, имеющих очень низкую собственную резонансную частоту, всего 15—25 Гц. После установки в замкнутый ящик их резонансная частота увеличивается до приемлемого значения: 50—60 Гц.

Компрессионные головки, кроме того, что они относительно дороги и дефицитны, имеют еще один большой недостаток — низкий КПД. Лучшие компрессионные головки развивают стандартное звуковое давление не более 0,1 Па, т. е. их КПД примерно в 4 раза меньше, чем у обычных головок со стандартным давлением 0,2 Па. Для работы таких громкоговорителей требуются большие мощности, обычно не менее 10—20 Вт, а громкость звучания при этом будет не больше, чем у громкоговорителя на 3—4 Вт с обычными головками. Но зато такой громкоговоритель будет иметь сравнительно малые размеры.

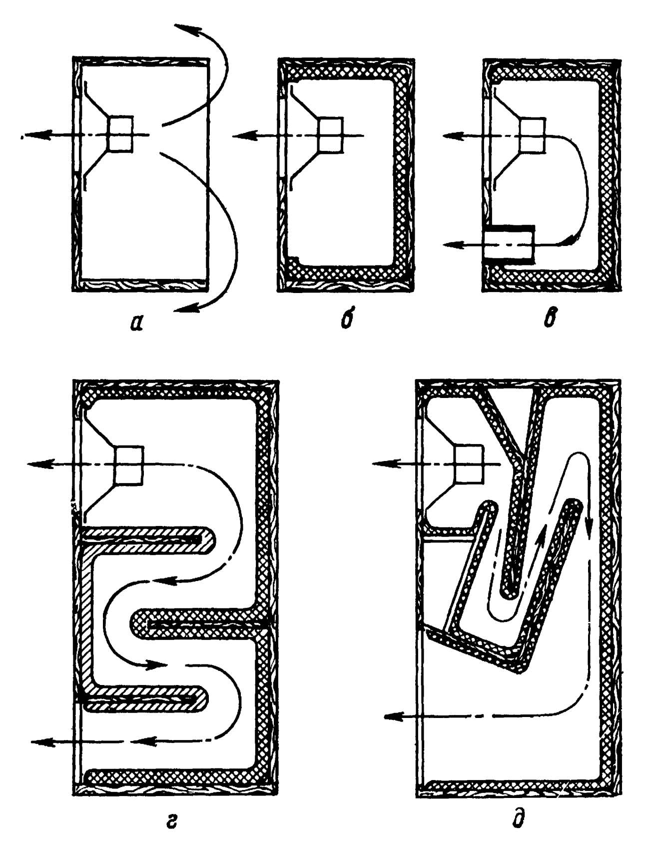


Рис. 57

А нельзя ли сделать громкоговоритель, свободный от указанных недостатков? Можно! Это — громкоговоритель с фазоинвертором, устройство которого показано на рис. 57,*в*. В передней панели этого громкоговорителя имеется еще одно отверстие сечением, близким к площади раскрыва диффузора головки или несколько меньшим. Это отверстие по форме может быть круглым или прямоугольным. Отверстие является устьем трубы-тоннеля, прикрепленного изнутри ящика к передней панели.

Основным достоинством фазоинвертора является то, что акустические колебания, возбуждаемые тыльной поверхностью диффузора, на выходе из отверстия на определенных частотах оказываются в фазе с колебаниями, создаваемыми передней поверхностью диффузора. В результате эффективность работы громкоговорителя существенно увеличивается. Обычно подбирают размеры ящика (точнее — его внутренний объем), сечение отверстия фазоинвертора и длину тоннеля таким образом, чтобы поворот фазы на 180° тыльного излучения голов-

ки соответствовал частоте, близкой к резонансной частоте головки. При выполнении этого условия происходит расширение рабочего интервала воспроизводимых частот вниз.

Раньше рабочую длину тоннеля фазовращателя выбирали равной толщине передней панели ящика, поэтому динамическую головку согласовывали с фазоинвертором выбором площади отверстия фазоинвертора и внешних размеров ящика. В результате громкоговорители были очень громоздкими. Сейчас широко используют в фазоинверторе тоннель, удлиняющий путь акустических волн перед выходом из ящика. Меняя длину тоннеля, можно весьма точно подобрать параметры ящика громкоговорителя применительно к конкретной головке даже при сравнительно небольших его размерах.

Следует указать, что точный расчет размеров ящика громкоговорителя с фазоинвертором очень сложен. Поэтому в любительских условиях удобно пользоваться номограммой, приведенной на рис. 58. Она однозначно связывает между собой внутренний объем ящика громкоговорителя, резонансную частоту динамической головки, площадь отверстия фазоинвертора и длину тоннеля. О том, как пользоваться номограммой, будет рассказано ниже, при рассмотрении конструкций самодельных громкоговорителей.

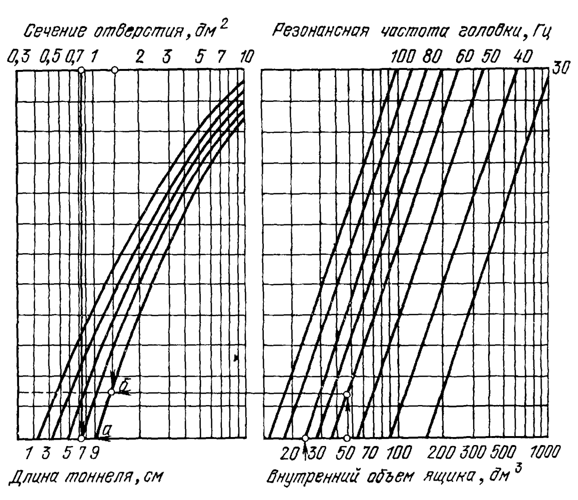


Рис. 58

Наиболее сложны по устройству громкоговорители с лабиринтом (см. рис. 57,*г*) и с рупором (см. рис. 57,*д*). Здесь так же, как и в фазоинверторе, использованы колебания, возбуждаемые тыльной стороной диффузора для увеличения отдачи на самых низких частотах. Лабиринт увеличивает длину пути, пробегаемого акустической волной внутри ящика. Характерной особенностью лабиринта является то, что площадь его поперечного сечения на всем протяжении остается почти постоянной. При этом общая длина пути звуковой волны должна быть равна четверти длины волны на самой низкой частоте рабочего интервала частот, обычно равной частоте собственного резонанса головки. Расчет показывает, что при резонансной частоте 80 Гц длина лабиринта должна быть равна 1 м, при 40 Гц — 2 м, при 20 Гц — 4 м. Таким образом, на самых низких частотах длина лабиринта получается значительной.

В громкоговорителе с рупором также установлено несколько перегородок для увеличения длины пути, проходимого акустической волной, возбуждаемой тыльной поверхностью диффузора, но при этом поперечное сечение лабиринта не остается неизменным, а увеличивается по мере приближения к выходному отверстию. Такая конструкция лабиринта позволяет сравнительно плавно согласовать относительно высокое давление за головкой с атмосферным давлением на

выходе рупора, что дает повышение эффективности преобразования электрической мощности в акустическую на низших частотах. Длина рупора должна быть возможно большей.

В радиолюбительской литературе можно найти описания различных конструкций громкоговорителей, но подавляющее большинство из них выполнено в виде либо закрытого ящика с фазоинвертором, либо группового излучателя. Громкоговорители с лабиринтом и рупором сложны в изготовлении, требуют проведения сложных расчетов под конкретную головку, что затрудняет их повторение в любительских условиях. Ниже описаны самодельные громкоговорители с различным числом головок, способные реализовать энергетические возможности усилителей НЧ, описания которых приведены были выше.

Громкоговорители с одной головкой

На рис. 59 показаны два варианта конструкции передней панели громкоговорителя с фазоинвертором, в котором применена либо головка 3ГД-38Е, либо 4ГД-4 4ГД-35, 4ГД-36 (размеры для этого варианта даны в скобках). В первом варианте громкоговорителя рабочий интервал частот простирается от 80 Гц до 12,5 кГц, а сопротивление равно 4 Ом. У второго варианта громкоговорителя нижняя частота рабочего интервала соответствует 35—60 Гц. Сопротивление громкоговорителя также равно 4 Ом (у некоторых экземпляров головок 4ГД-36 сопротивление равно 8 Ом, что указывается в паспорте, прилагаемом к головке).

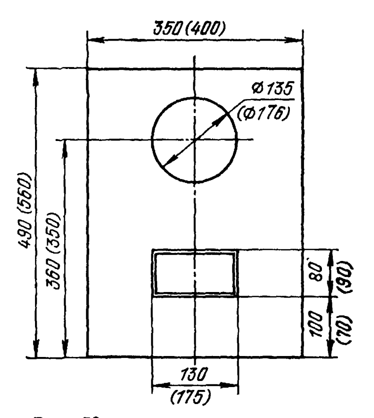


Рис. 59

Следует отметить, что здесь указаны гарантированные границы частотного интервала, на практике он обычно шире и достигает 14 и даже 16 кГц.

Переднюю панель громкоговорителя можно изготовить из многослойной фанеры толщиной 12—15 мм или древесностружечной плиты толщиной 18—20 мм. Ящик делают из того же материала и собирают на шурупах с обязательной проклейкой всех швов. Лучше всего использовать казеиновый или синтетический клей. Головку устанавливают на внутреннюю поверхность передней панели и крепят шурупами. Желательно под головку подложить кольцо из войлока или толстого сукна. Глубину ящика определяют, исходя из требуемого объема громкоговорителя, имеющегося материала и эстетических соображений. Для громкоговорителя с головкой 3ГД-38Е оптимальной является глубина 200 мм, а для 4ГД-4, 4ГД-35 и 4ГД-36—270 мм.

После сборки ящика все швы необходимо герметизировать шпаклевкой и клеем. Изнутри к стенкам нужно приклеить слой поглощающего материала толщиной 3—5 см из ваты или шерстяной ткани, простеганной с одним или двумя слоями легкой хлопчатобумажной ткани, например, марли, для того чтобы волокна и нити не попадали на головку. Тоннель фазоинвертора можно выполнить из фанеры толщиной 5 мм или из толстого жесткого картона.

Зная размеры ящика и резонансную частоту головки, можно по номограмме рис. 58 определить длину тоннеля таким образом, чтобы обеспечить наилучшее воспроизведение низших частот. Покажем это на примерах.

Пусть внутренний объем ящика равен 25 дм^3, а сечение отверстия фазоинвертора — 0,84 дм^2. Резонансная частота головки 3ГД-38Е равна 80 Гц. Для нахождения длины тоннеля сначала находим точку пересечения наклонной прямой 80 Гц с вертикалью, проведенной через отметку 25 дм^3. Затем из точки, соответствующей сечению 0,84 дм^2, опускаем вертикаль до пересечения с горизонталью, проведенной через ранее полученную точку. Точка их пересечения в зоне кривых *Длина тоннеля* дает искомое значение. Согласно проведенным построениям, длина тоннеля должна быть равна 7 см.

Для громкоговорителя с четырехваттной головкой внутренний объем громкоговорителя равен примерно 48 дм³, сечение отверстия фазоинвертора 1,3 дм², а резонансная частота головки близка к 60 Гц. Аналогичные построения на номограмме показывают, что длина тоннеля должна быть равна 9 см. В тех случаях, когда с первого раза не удается подобрать приемлемый результат, необходимо изменить объем или площадь сечения отверстия и вновь повторить построение.

Как показывает практика, громкоговоритель с фазоинвертором обеспечивает дополнительное увеличение эффективности преобразования электрической мощности в акустическую на низших частотах примерно в 3—4 раза, т. е. на 5—6 дБ. Это увеличение эквивалентно понижению нижней границы интервала воспроизводимых частот примерно на 20—30%.

Конечно, достижение таких результатов возможно только при соблюдении всех требований, а в любительских условиях это затруднительно. Отклонения в размерах и резонансной частоте могут повлиять на конечный результат. В некоторой степени отклонения можно скомпенсировать подбором длины тоннеля. Для этого тоннель изготавливают с припуском 1,5—2 см по длине, а затем при налаживании припуск срезают до получения наилучшего звучания низших частот. Для того чтобы при укорачивании тоннеля каждый раз не разбирать громкоговорителя, можно рекомендовать временно вывести тоннель наружу. Правда, это несколько изменит общий объем ящика, но зато позволит быстро и удобно найти оптимальную длину тоннеля. Затем его вновь устанавливают внутрь ящика и окончательно фиксируют на клею.

Переднюю панель следует задрапировать снаружи неплотной тканью. Ее предварительно стирают, красят в темный цвет (обычно в черный или коричневый), разглаживают и натягивают на панель слегка влажной. Закрепляют ткань на тыльной стороне панели мелкими гвоздями и клеем. После высыхания ткань плотно и ровно обтянет панель.

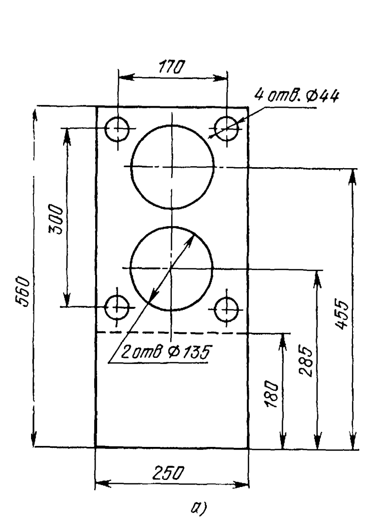
Передняя панель должна плотно без зазоров прилегать к кромкам ящика. Обычно для этой цели к внутренней поверхности стенок ящика прикрепляют четыре рейки сечением 20×30 мм из прочной древесины, а к ним уже шурупами крепят переднюю панель.

Громкоговорители с двумя головками

Электрические характеристики громкоговорителя с одной динамической головкой полностью определяются ее свойствами. Увеличение числа головок дает возможность регулировать эти характеристики. Можно изменять сопротивление громкоговорителя. Если соединить звуковые катушки головок синфазно-последовательно, сопротивление увеличится вдвое по сравнению с сопротивлением одной головки. При синфазно-параллельном включении головок сопротивление громкоговорителя уменьшается вдвое. Кроме этого, в обоих случаях увеличивается его номинальная мощность. Например, если использовать две головки 3ГД-38Е, то номинальная мощность составит 6 Вт (паспортная 10 Вт), а сопротивление может быть равно 2 или 8 Ом. Как было показано выше, сопротивление громкоговорителя обычно менее 4 Ом не выбирают, поэтому оптимальным следует считать сопротивление 8 Ом. При использовании двух головок 4ГД-35 номинальная мощность составит 8 Вт (паспортная 16 Вт), сопротивление 8 Ом.

На рис. 60 показана разметка передней панели громкоговорителя с двумя головками 3ГД-38Е и 4ГД-35 или 4ГД-36. В первом случае (рис. 60,*а*) глубина ящика равна 300 мм, для варианта с четырехваттными головками (рис. 60,б)—200 мм. Отверстия фазоинвертора в этом громкоговорителе выбраны круглыми, а тоннели с толщиной стенок 3—4 мм выполнены в виде цилиндров, склеенных из плотной бумаги или картона. В первом громкоговорителе тоннелей четыре, во втором — два. Сделано это для упрощения изготовления фазоинвертора. При расчете учитывают суммарную площадь его отверстий. По номограмме длина каждого из четырех тоннелей первого варианта громкоговорителя должна быть равна 5 см, а каждого из двух второго — 5,5 см. Тоннели склеивают на цилиндрических деревянных болванках диаметром 36 и 72 мм соответственно.

В случае необходимости переднюю панель можно изготовить и из двух кусков фанеры или древесностружечной плиты. Возможное место стыка двух частей показано на рис. 60 штриховой линией. С внутренней стороны панели стык должен быть усилен накладкой из фанеры или древесностружечной плиты такой же толщины шириной 60—80 мм либо ссновой рейкой сечением 20×50 мм.



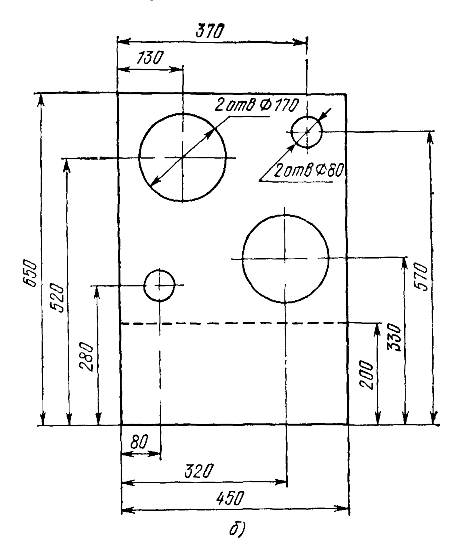


Рис. 60

Размеры громкоговорителей позволяют разместить в них усилитель НЧ и автономный источник питания. Для этого в ящике отгораживают отсек необходимых размеров. Уменьшение объема громкоговорителя компенсируют соответствующим удлинением тоннелей фазоинвертора. Такая конструкция громкоговорителя весьма удобна для различных переносных электроакустических установок. На верхней панели ящика целесообразно смонтировать ручку для переноски громкоговорителя.

Громкоговорители с двумя головками несколько лучше воспроизводят низшие частоты. Это улучшение для описанных выше конструкций начинается с частоты 800—1000 Гц и достигает максимума (отдача увеличивается почти в два раза) на частотах ниже 300 Гц. В свою очередь это расширяет полосы воспроизводимых частот примерно на пол-октавы в сторону низших частот.

Как уже было указано выше, изготовление громкоговорителя с фазоинвертором является относительно сложным делом. Поэтому, если требуется изготовить простую конструкцию громкоговорителя с относительно большой номинальной мощностью, целесообразно выбрать один из вариантов громкоговорителя типа групповой излучатель, содержащего четыре или шесть однотипных головок. Такие громкоговорители имеют значительную мощность, позволяют в широких пределах варьировать сопротивление и хорошо воспроизводят низшие частоты при использовании простейшего ящика без задней стенки.

Групповой излучатель с четырьмя головками

На рис. 61 изображена разметка передней панели громкоговорителя, в котором установлены четыре однотипных четырехваттных головки (4ГД-4, 4ГД-35, 4ГД-36). Его номинальная мощность — 16 Вт (паспортная — до 30 Вт), сопротивление зависит от выбранного типа головок и способа соединения их звуковых катушек (оно может быть равно 8 или 32 Ом для 4ГД-4 и 4 или 16 Ом для остальных). Громкоговоритель эффективно воспроизводит частоты от 45—50 Гц до 12—14 кГц.

Задняя стенка у ящика отсутствует. Глубина его — 150 мм. На дне ящика изнутри можно разместить усилитель НЧ и автономный источник питания (или выпрямитель), причем каких-либо перегородок для них не требуется.

Динамические головки громкоговорителя могут быть соединены последовательно или смешанно (параллельно-последовательно), как показано на рис. 62,*а* и *б* соответственно. Во всех случаях обязательно синфазное включение головок, что обеспечивается правильным подключением начала и конца звуковых катушек. У современных головок на диффузородержателе есть цветные метки, обозначающие начало катушки (на рис. 62 обозначено точками).

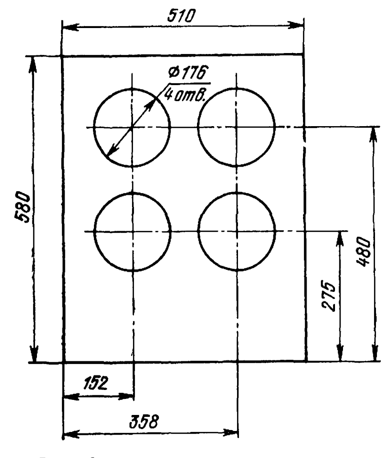


Рис. 61

При описании усилителей НЧ было указано, что их выходная мощность зависит от сопротивления нагрузки. Поэтому, используя различные варианты включения головок, можно подбирать желаемые характеристики усилителя. Например, в том случае, когда усилитель питается от батарей элементов, целесообразно увеличить сопротивление нагрузки и тем самым снизить потребляемый ток. Для этого головки включают последовательно. Если каждая головка имеет сопротивление 4 Ом, то громкоговоритель будет иметь 16 Ом. Параллельно-последовательное соединение головок предпочтительно при питании усилителя от мощного выпрямителя. В этом случае сопротивление громкоговорителя будет равно сопротивлению одной головки.

Описанные в этой книге усилители НЧ могут работать как с автономным (батарейным), так и с сетевым питанием. Путем несложной коммутации звуковых катушек головок переключателем *В1*, как это показано на схеме рис. 63, можно обеспечить более полное использование источников питания. Тумблер устанавливают внутри ящика громкоговорителя рядом с головками.

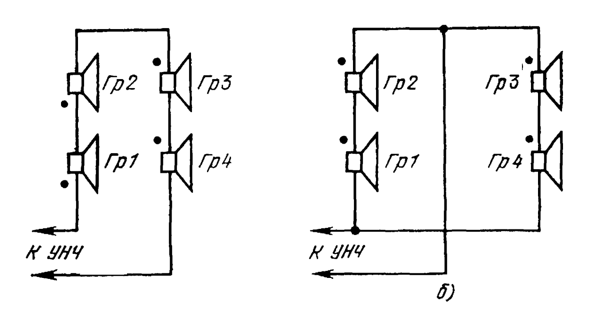


Рис. 62

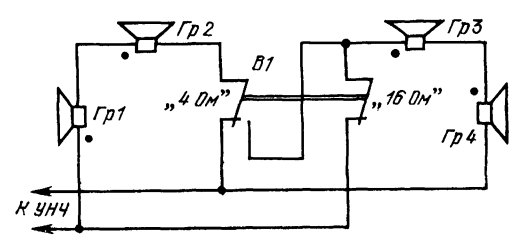


Рис. 63

Групповой излучатель с шестью головками

Для вокально-инструментальных ансамблей, при проведении тан ‹вальных вечеров в большом зале нужны громкоговорители с номинальной м‹ ностью не менее 20 Вт. Очевидно, что располагая четырехваттными головка такой громкоговоритель можно собрать только при наличии пяти или шести ловок. При пяти головках трудно обеспечить одинаковый ток через них в раллельно-последовательном соединении, а последовательное соединение д чрезмерно большое сопротивление громкоговорителя. Поэтому удобнее уста вить в громкоговоритель шесть головок, включив их по три последовательно обе группы параллельно. При сопротивлении каждой головки 4 Ом сопротивление громкоговорителя будет равно 6 Ом, что хорошо согласуется с большинством усилителей НЧ. Фазировка головок в громкоговорителе обязательна.

На рис. 64 приведен эскиз ящика громкоговорителя с шестью четырехваттными головками 4ГД-4, 4ГД-35 или 4ГД-36. Передняя панель составлена из двух одинаковых частей, изготовленных из древесностружечной плиты. На каждую полупанель устанавливают по три головки и соединяют их между собой последовательно. Такая конструкция передней панели выбрана для улучшения ее жесткости и достижения более равномерного излучения в пространстве. Последнее особенно желательно потому, что с увеличением числа головок в громкоговорителе излучение концентрируется в направлении, перпендикулярном плоскости передней панели, а боковое излучение значительно ослабляется.

Следует отметить, что громкоговорители вида групповой излучатель несмотря на простоту конструкции обладают высокой номинальной мощностью и широким интервалом воспроизводимых частот, а недостаток, присущий всем громкоговорителям без задней стенки — влияние стены помещения, у которой установлен громкоговоритель — практически не проявляется, если звукоусилительная установка работает на клубной сцене или открытом воздухе.

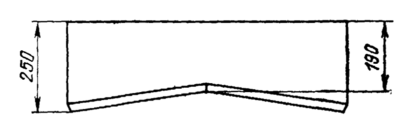


Рис. 64

Нередко приходится слышать вопрос: целесообразно ли строить громкоговоритель на базе менее мощных головок, например, одноваттных или двухваттных? Такие вопросы возникают у радиолюбителей и при отсутствии требуемых головок. Нужно сказать, что громкоговоритель с одной головкой мощностью 1 или 2 Вт малоэффективен. Удовлетворительные результаты можно получить от группового излучателя из четырех или шести маломощных головок с круглым или овальным диффузором. Подойдут головки 2ГД-3, 1ГД-40 и 1ГД-36 или еще лучше — современные головки 2ГД-40 с катушкой сопротивлением 4 Ом.

ЭЛЕКТРОННЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ГИТАРЫ

Электрогитары стали неотъемлемой частью досуга молодежи. Занимаясь самостоятельно или в коллективе, электрогитаристы доставляют удовольствие своей игрой на концертах как на клубной сцене, так и на открытой эстраде, танцплощадке или импровизированной сцене полевого стана. В нашей стране много профессиональных и любительских вокально-инструментальных ансамблей,

объединяющих любителей электромузыкальных инструментов (ЭМИ), самым массовым и популярным из которых является электрогитара.

О том, как выбрать или самому сделать электрогитару, подробно рассматривается в специальных книгах и брошюрах, некоторые из них указаны в списке литературы. Здесь речь пойдет в основном об «электронном вооружении» гитары. Говоря об ЭМИ, в том числе и об электрогитаре, следует всегда иметь в виду, что каким бы дорогим и сложным не был тот или иной инструмент, качество звучания его во многом зависит от характеристик усилителя НЧ и громкоговорителя, совместно с которыми он будет работать.

Существует мнение, что электрогитары появились недавно, всего около двух десятилетий назад. Но это не так. Электрогитары появились в нашей стране еще в начале 30-х годов и пользовались большим успехом. Уже на первых выставках радиолюбительского творчества демонстрировались вполне совершенные электрогитары и усилители к ним. Но, конечно, усилители были ламповыми, громоздкими, со значительным уровнем искажений сигнала. Бурное развитие транзисторной техники позволило создавать легкие, малогабаритные и экономичные усилители НЧ большой мощности, с малыми искажениями. Все это и предопределило большую полупроводность электрогитары.

Не менее важно и то, что одновременно с развитием транзисторной электроники были найдены и реализованы возможности по управлению звучанием электрогитары электрическим путем, разработан целый ряд электронных устройств, расширяющих ее звуковые и исполнительские возможности.

В этой главе речь пойдет о подключении звукоснимателей электрогитары к усилителю, а также о различных дополнительных приставках и устройствах для электрогитары и электроакустических установках для совместной работы с ней.

Звукосниматель электрогитары

Электрогитары как отечественные, так и зарубежного производства обычно оснащают одним или несколькими звукоснимателями. Кроме того, на электрогитаре нередко имеются регуляторы тембра и громкости, а также коммутаторы звукоснимателей и другие устройства. Звукосниматель должен обеспечивать выходное напряжение при щипке одной струны около 10—30 мВ. Это напряжение подается на вход усилителя НЧ по экранированному кабелю, снабженному разъемом.

Если на гитаре один звукосниматель, можно обойтись только регулятором громкости (рис. 65,*а*) или регуляторами громкости и тембра (рис. 65,*б*). В настоящее время промышленность выпускает несколько разновидностей звукоснимателей для электрогитар. Самостоятельное изготовление высококачественных звукоснимателей является делом, требующим определенного слесарного навыка, а также станочного оборудования. Регулятор тембра ослабляет средние и в еще большей степени высшие звуковые частоты по мере перемещения движка резистора *R2* вверх (по схеме). Конденсатор *C1* — МБМ, БМ-2 или КЛС. Переменные резисторы — СП3-4. Следует отметить, что для плавного регулирования громкости и тембра необходимо, чтобы резистор *R1* был группы В, а *R2* — группы А.

На рис. 66 приведены варианты схемы включения двух звукоснимателей гитары. В первом варианте (рис. 66,*а*) предусмотрено раздельное регулирование громкости (*R1* и *R2*) и общий плавный регулятор тембра. Второй вариант (рис. 66,*б*) содержит индивидуальные частотные корректирующие цепи для каждого звукоснимателя. К звукоснимателю *Зв1* подключена интегрирующая цепь *R1C1*, уменьшающая уровень высокочастотных составляющих спектра сигнала, а к звукоснимателю *Зв2* — дифференцирующая цепь *C2R4*, которая ослабляет низшие частоты. Переключателем *В1* можно быстро менять тембр звучания электрогитары. Для того чтобы входные цепи усилителя НЧ не оказывали заметного воздействия на частотные характеристики звукоснимателей, введены развязывающие резисторы *R3* и *R5*.

Современные концертные электрогитары могут иметь и большее число звукоснимателей, чем позволяет в широких пределах изменять окраску звучания. Сигналы со звукоснимателей подают на вход усилителя НЧ через сложное

усилительно-коммутационное устройство, которое по существу является дальнейшим развитием рассмотренных устройств.

Для других электрических щипковых инструментов (домбра, мандолина, балалайка) блоки регулирования и коммутации могут быть аналогичными. В тех случаях, когда нет возможности приобрести специальный звукосниматель для

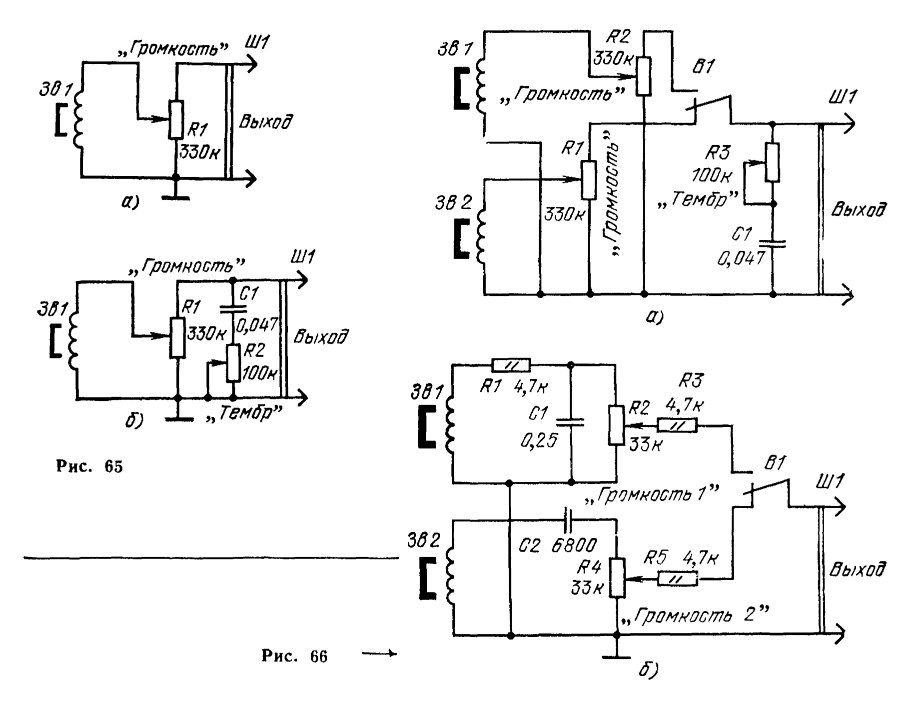


Рис. 65

Рис. 66 →

каждого из этих инструментов, можно использовать гитарные звукосниматели без каких-либо переделок. Возможно, потребуется только подобрать наилучшее положение звукоснимателя на деке инструмента.

Следует иметь в виду, что регуляторы громкости и тембра заметно ослабляют сигнал звукоснимателя. Это требует тщательного экранирования всех входных цепей и предъявляет повышенные требования к усилителю.

Усилители НЧ для электрогитары

Промышленность выпускает большое число усилителей, пригодных или специально предназначенных для работы с ЭМИ, в том числе и с электрогитарами. Основными требованиями к усилителю для электрогитары является относительно высокая выходная мощность (не менее 2—4 Вт для переносных конструкций и не менее 15—20 Вт для стационарных) при высокой чувствительности — не хуже 30—50 мВ и входном сопротивлении 30—50 кОм. Кроме того, интервал рабочих частот, воспроизводимых системой усилитель — громкоговоритель, не должен быть у́же, чем 60—12 000 Гц. Нетрудно заметить, что большинство описанных в этой книге усилителей НЧ и громкоговорители в значительной мере удовлетворяют этим требованиям.

При выборе готового усилителя следует применять те из них, которые специально предназначены для работы с электрогитарами или имеют дополнительный вход для подключения ЭМИ. В табл. 10 приведены краткие характеристики таких усилителей, используемых самостоятельно или в составе электрофонов.

Как можно видеть из таблицы, наиболее подходящим является усилитель НЧ «Радуга», который укомплектован громкоговорителем. Описание этого уси-

Приставки к электрогитаре

Общим для приставок является то, что их, как правило, включают между выходом звукоснимателя или темброблока и входом основного усилителя НЧ. В зависимости от числа усилительных каналов (в монофонической установке — один, в стереофонической — два) возможны различные варианты включения приставок. На рис. 67 показана структурная схема системы с двумя приставками *1* и *2*, которые работают совместно со стереофоническим усилителем НЧ (*УНЧ-1*, *УНЧ-2*) и двумя громкоговорителями *Гр1*, *Гр2*. Штриховыми линиями показаны возможные варианты связей элементов системы. Можно использовать одну или две приставки, один или оба усилительных канала. Применение в системе приставок, создающих разные эффекты, позволяет имитировать одновременную (синхронную) игру двух гитар.

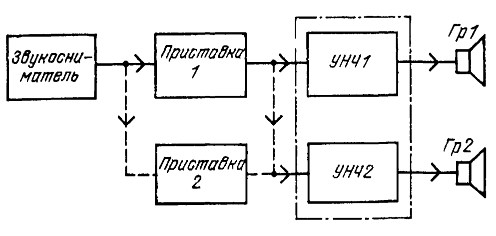


Рис. 67

Исполнители нередко используют несколько разных приставок, включая их в тракт во время концерта в соответствии с творческим замыслом. При этом у слушателя создается впечатление, что гитара в руках исполнителя как бы заменяется другой, новой.

Промышленность выпускает несколько типов приставок, имеющих названия, соответствующие формируемому эффекту: «дистошн», «фаз», «бустер», амплитудное вибрато, тембровое вибрато, «вау-вау», «лесли», «сустейн», а также комбинированные приставки, способные создавать одновременно или раздельно несколько эффектов.

Если приобрести ту или иную готовую приставку не удалось, то многие из перечисленных можно сделать самостоятельно, пользуясь помещенными ниже рекомендациями.

«Бустер»-приставка. «Бустером» электрогитаристы называют приставку, которая позволяет подчеркнуть фазу атаки звука гитары (атака звука — это время, в течение которого он нарастает от нуля до максимума). При этом звук становится более резким, ударным. Достигают этого эффекта с помощью приставки, обеспечивающей сильный подъем самых высоких частотных составляющих сигнала.

На рис. 68 показана принципиальная схема простейшего «бустера», представляющего собой усилительную ступень на транзисторе *T1*. Требуемое искажение сигнала достигнуто уменьшением емкости переходных конденсаторов *C2* и *C3* в несколько раз по сравнению с тем, что требуется для линейного усиления. В приставке можно использовать любые транзисторы серии ГТ308, а так-

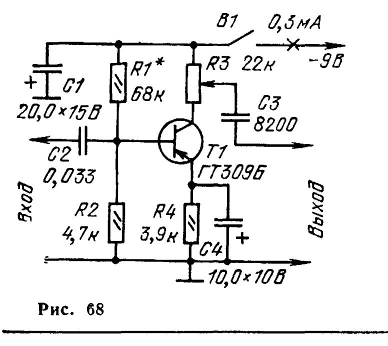


Рис. 68

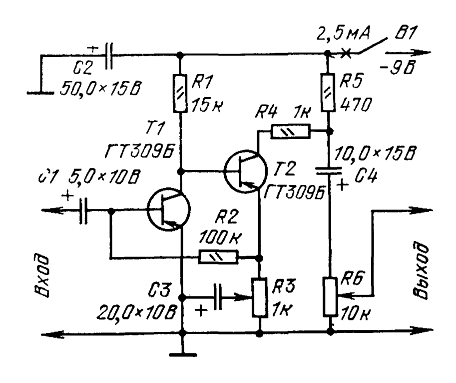


Рис. 69 →

же ГТ322Б, П422, П423. Переменный резистор *R3* — СП3-4в группы А или В. Приставка питается от батареи «Крона-ВЦ».

Приставку необходимо монтировать в металлической коробке, на лицевой панели которой устанавливают гнездовые части унифицированных разъемов (СГ-3 или СГ-5). Выключатель питания — П2К. Подобным образом следует оформлять и другие приставки.

«Дистошн»-приставка. Так называют приставку, которая вносит в сигнал сильные нелинейные искажения, обогащая его гармониками составляющих основных частот. В основе работы «дистошн»-приставки лежит двустороннее амплитудное ограничение сигнала. Принципиальная схема приставки представлена на рис. 69. Она также питается от батареи «Крона-ВЦ». Переменный резистор *R3*, включенный в цепь обратной связи усилителя, на транзисторах *T1*, *T2*, регулирует общее усиление приставки, определяя порог ограничения. Уровень выходного сигнала устанавливают переменным резистором *R6*. Оба переменных резистора — СП3-4 группы А или В.

На рис. 70 показана принципиальная схема приставки на интегральной микросхеме. Здесь степень ограничения сигнала устанавливают переменным резистором *R3*, уровень выходного сигнала — *R4*, а тембр звучания — *R5*. В правом по схеме положении движка переменного резистора *R6* звучание обогащено низшими частотами, в левом — высшими. Этот регулятор тембра значительно расширяет возможности приставки.

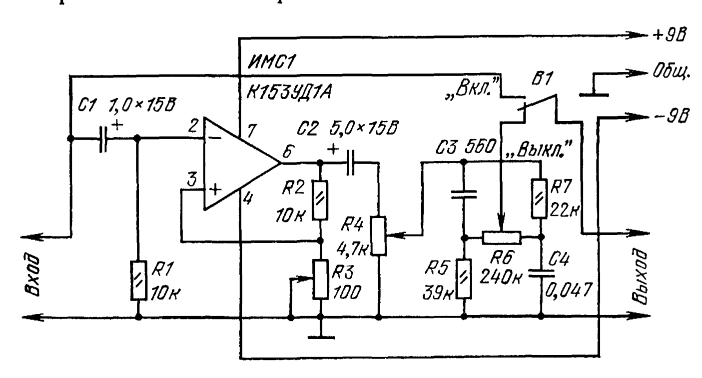


Рис. 70

Переключатель *B1*, которым может служить тумблер или переключатель П2К, позволяет подключать вход основного усилителя НЧ к выходу датчика либо непосредственно, либо через приставку.

Если указанную микросхему приобрести не удалось, то приставку можно собрать на двух транзисторах (КТ315Г и КТ315В или КТ312В) по схеме, показанной на рис 71 Уровень ограничения амплитуды сигнала регулируют переменным резистором *R1* При указанных на схеме номиналах элементов и ис-

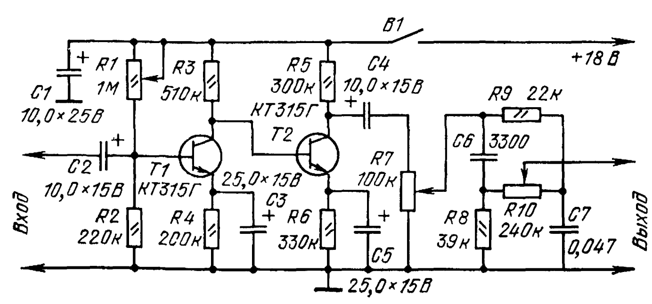


Рис. 71

Удвоитель частоты. Описанные выше приставки являются уже традиционными атрибутами вокально-инструментальных ансамблей и многих самодеятельных групп. Вместе с тем появляются виды приставок, придающие новую окраску звучанию электрогитары. Одна из них — удвоитель частоты. Эта приставка практически полностью подавляет частоты входного сигнала и создает на выходе только их четные гармоники, в основном вторую, т. е. на выход удвоителя

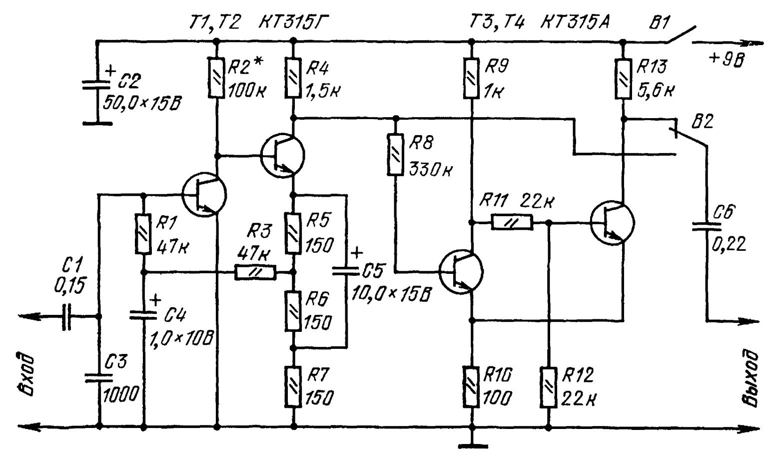


Рис. 75

частоты проходит сигнал с частотами в два раза выше исходных. Обогащение сигнала вторыми гармониками смягчает звучание и повышает тон. Поскольку включать и выключать приставку можно быстро, у слушателей будет создаваться впечатление мгновенной замены в руках гитариста одного инструмента другим.

На рис. 76 представлена принципиальная схема одного из вариантов удвоителя частоты. Интегральная микросхема *ИМС1* работает в предварительном усилителе напряжения входного сигнала. Интегральная микросхема *ИМС2* — двухполупериодный детектор-выпрямитель, на выходе которого практически отсутствует напряжение с частотой входного сигнала, а действуют только вторая и четвертая гармоника этой частоты.

Следует помнить, что удвоитель частоты так же, как и «фаз»-приставки, допускает игру только мелодией. При игре аккордами возникают перекрестные искажения, снижающие прозрачность и сочность звучания электрогитары.

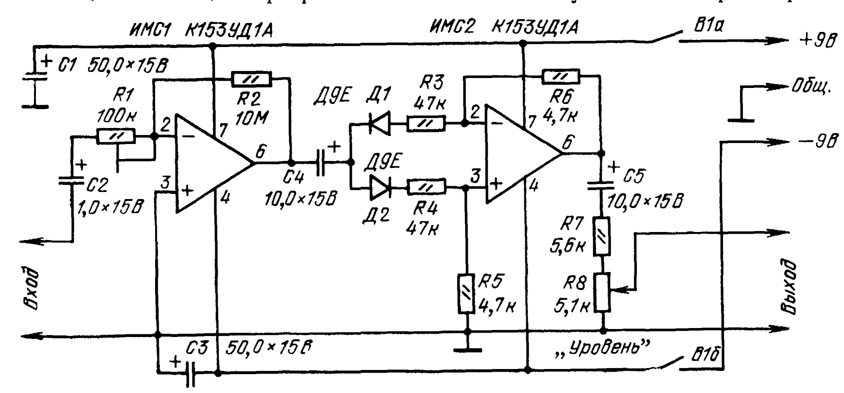


Рис. 76

Регулятор «яркости» звука. Пусть читатель не подумает, что это опечатка: в последнее время регуляторы яркости стали применять не только в телевизорах, но и в усилителях НЧ, предназначенных для совместной работы с ЭМИ. Конечно, термин «яркость» звука надо понимать в переносном смысле — как прозрачность, раздельное восприятие различных частотных составляющих сигнала. Регулируют «яркость» звука коррекцией АЧХ усилителя обычными двух- или многоканальными регуляторами тембра или применением специальных корректирующих ступеней с фиксированными или плавно изменяемыми параметрами.

Суть регулирования «яркости» звучания ЭМИ сводится к тому, что по мере уменьшения громкости происходит относительный подъем средних и высших частот. Кроме того, даже при громкости, близкой к номинальной, нужно ослаблять составляющие с частотой в полосе от 300 Гц до 1 кГц примерно на 6—10 дБ.

Применяют различные варианты регулятора «яркости», собранные как на пассивных элементах, так и с применением активных — транзисторов и интегральных микросхем. Наиболее интересным и эффективным является регулятор «яркости» с тремя раздельными органами применения тембра по низшим, средним и высшим частотам, принципиальная схема которого показана на рис. 77. Подобные устройства широко используют в профессиональной аппаратуре, в том числе и зарубежной.

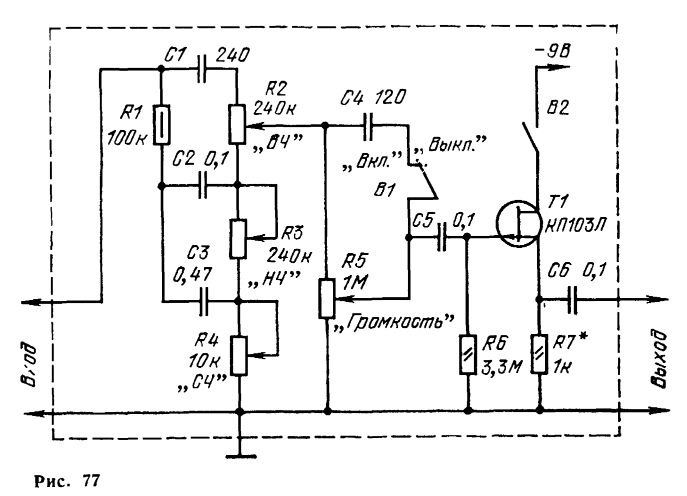


Рис. 77

Основой устройства служит многозвенный регулятор тембра низших, средних и высших частот, в состав которого входят резисторы *R1—R4* и конденсаторы *C1—C3*. Все три переменных резистора регулирования тембра включены между собой последовательно. Выходное напряжение снимают с регулятора громкости (переменный резистор *R5*). Далее сигнал поступает на затвор полевого транзистора *T1*, включенного по схеме истокового повторителя. Такое включение транзистора не дает усиления сигнала, но зато дает возможность получить высокое входное сопротивление, необходимое для хорошей работы регуляторов тембра и громкости.

Особо следует указать на роль конденсатора *C4* и переключателя *B1*. Именно этот конденсатор обеспечивает требуемый подъем высших частот при работе с малой громкостью. При включенном конденсаторе *C4* (положение «Вкл.» переключателя *B1*) высшие частоты проходят на затвор транзистора, минуя регулятор громкости. Если же движок резистора *R5* находится в верхнем по схеме положении, то конденсатор *C4* практически не оказывает влияния на АЧХ приставки. Но по мере перемещения движка вниз происходит ослабление низших и частично средних частот при сохранении относительно высокого уровня высших частот.

Иллюстрацией сказанному могут служить реальные АЧХ регулятора «яркости», показанные на рис. 78. Они сняты при различных положениях движков переменных резисторов *R2*—*R4* и переключателя *В1*. Слева от вертикальной оси отложено ослабление сигнала по мощности в децибелах, а справа — по напряжению в разах. Здесь три верхние линии соответствуют максимальному уровню на выходе (движок резистора *R5* в крайнем верхнем по схеме положении) при различных положениях регуляторов тембра НЧ, СЧ и ВЧ. Рисунок показывает, что равномерное воспроизведение всех частот возможно при выходном сигнале

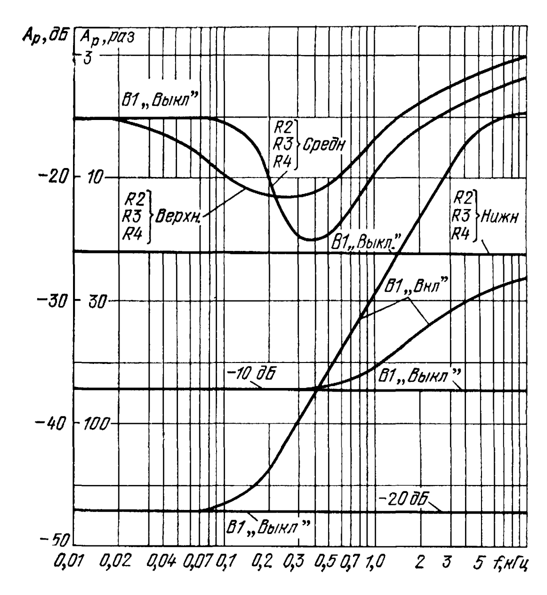


Рис. 78

на 26 дБ ниже входного, т. е. в 20 раз меньше. Это необходимо учитывать и включать устройство не сразу после звукоснимателя электрогитары, а после предварительного усилителя НЧ. В случае, когда регуляторы тембра находятся в верхнем по схеме положении, ослабление низких и высших частот не превышает нескольких децибел, но зато средние частоты ослаблены до 16 дБ, т. е. в 6,5 раз по напряжению.

Нижние графики соответствуют уменьшению громкости на 10 и 20 дБ относительно равномерного воспроизведения всех частот. При выключенном кон-

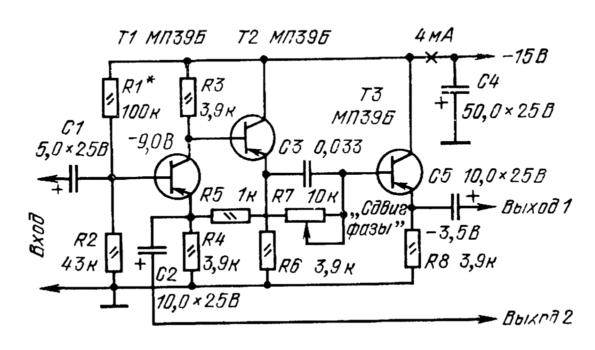


Рис. 79

денсаторе *C4* АЧХ остается равномерной, но при включении его происходит подъем высших частот. Чем ниже уровень выходного сигнала, тем в более широкой полосе частот происходит подъем.

Прослушивание звучания электрогитары, грампластинок и фонограмм через описанный регулятор «яркости» показало его высокую эффективность при всех уровнях выходного сигнала.

Фазовращатель для электрогитары. О фазовращателях мы уже говорили, когда рассматривали псевдостереофонические приставки к усилителям НЧ. Здесь

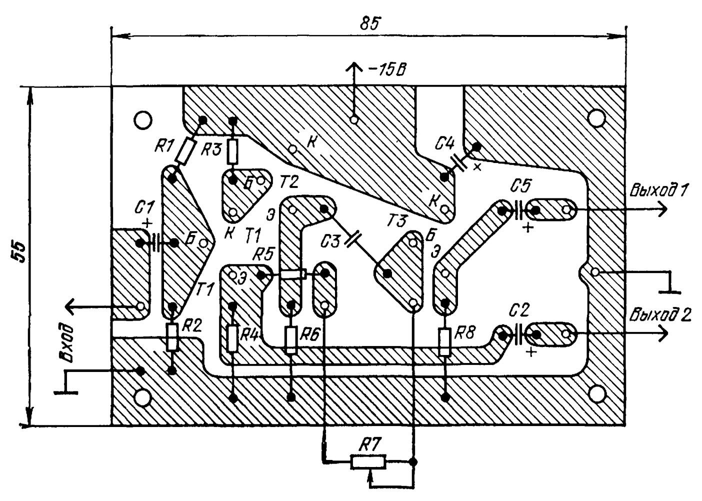


Рис. 80

же речь пойдет о фазовращателе, предназначенном для преобразования монофонического сигнала с выхода звукоснимателя гитары в псевдостереофонический со сдвигом составляющих по фазе на 90° в полосе частот от 500 Гц до 2 кГц. Принципиальная схема фазовращателя показана на рис. 79, а чертеж печатной платы — на рис. 80. Фазовращатель состоит из ступени с разделенной нагрузкой на транзисторе *T1* и двух эмиттерных повторителей, собранных на транзисторах *T2* и *T3*. Фазовращающая цепь *R5R7C3* включена между эмиттерами транзисторов *T1* и *T2*.

Приставка имеет два выхода. Первый связан непосредственно с эмиттером транзистора *T1*, где выходное напряжение сигнала практически не отличается от входного ни по амплитуде, ни по фазе. Второй выход через эмиттерный повторитель на транзисторе *T3* подключен к фазосдвигающей цепи.

К выходам приставки-фазовращателя нужно подключать два усилителя НЧ.

Усилители НЧ, фазовращатель и общий блок питания могут быть размещены в общем металлическом кожухе, например, как показано на рис. 81. Теплоотводы оконечных транзисторов вынесены на боковые стенки для улучшения теплообмена и установлены на пластинах из гетинакса. На передней панели размещены регуляторы громкости каждого канала и регулятор «Сдвиг фазы». Там же установлены входное гнездо разъема, тумблер включения питания и контрольный прибор — вольтметр со шкалой на 30 В, указывающий напряжение питания.

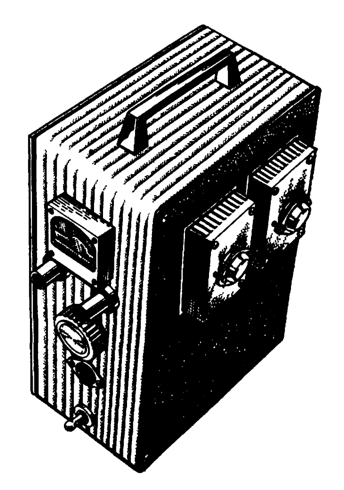


Рис. 81

На задней стенке кожуха находятся выходные гнезда усилителя НЧ, гнездо разъема для подключения автономного источника питания, тумблеры включения питания усилителей. Такое сочетание органов управления позволяет шире использовать каждый усилитель в отдельности и оба вместе.

РАДИОЭЛЕКТРОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДИСКОТЕКИ

Дискотекой называют молодежный клуб, помещение которого приспособлено для прослушивания грамзаписей, проведения танцевальных вечеров, диспутов. Руководит работой дискотеки художественный совет, определяющий тематику проводимых вечеров, составляющий их сценарий, подбирающий музыкальную программу ведущих и выступающих на вечере.

Первоначально дискотеки появились в крупных городах, где есть дворцы культуры и молодежные клубы. Получив большое признание и популярность среди молодежи, дискотеки стали появляться в небольших городах и поселках, а затем и на селе. Дискотеки вообще и в сельском клубе, в частности, — дело еще новое. Требуется время, чтобы найти лучшие организационные формы существования этого вида досуга молодежи, подготовки художественных руководителей, работников инженерно-технической службы, а также ведущих программу вечера.

Во всяком случае, дискотека не может существовать без разнообразного электроакустического и светотехнического оборудования. Очевидно, радиолюбители могут оказать неоценимую помощь в деле технического оснащения дискотек и эксплуатации аппаратуры. Для создания хорошо оснащенной дискотеки на селе многое могут сделать городские шефы села, городские радиолюбители. Конечно, не всегда можно приобрести дорогостоящее профессиональное оборудование. Часть можно сделать своими руками из доступных деталей по описаниям, опубликованным в различных радиолюбительских изданиях, в том числе на страницах этой книги.

В данной главе читатель ознакомится с устройством и изготовлением различных радиоэлектронных устройств, составляющих тот минимум, с которого начинается дискотека.

Учитывая уже накопленный опыт, можно определить стандартный состав радиоэлектронного минимума аппаратуры дискотеки и в первую очередь — электроакустической. Обычно достаточно двух усилителей мощности НЧ, по 40—50 Вт каждый. Усилители нагружают разнесенными громкоговорителями с номинальной мощностью 50—60 Вт и полосой воспроизводимых частот от 30—40 Гц до 16—20 кГц. Для воспроизведения грамзаписей требуются два ЭПУ высшего или первого класса со звукоснимателями, оснащенными магнитной головкой. Кроме того, необходим хотя бы простой микшерный пульт для сложения сигналов от четырех источников, а также комплект из двух динамических микрофонов. Желательно иметь также стереофонический магнитофон (или деку) не хуже II класса.

Светотехническое оборудование может быть представлено четырехканальным прожектором с цветными светофильтрами и плавным управлениям яркостью свечения, устройством «бегущие огни», прерывателями света. Особое место занимают многоканальные светодинамические (иногда их неверно называют цветомузыкальными) установки.

Управляют всей этой техникой с пульта оператора. Наиболее характерным является стандартный пульт дискотеки, выпускаемый фирмой «Динакорд», внешний вид которого показан на рис. 82. В центре пульта размещен микшерный пульт, регуляторы и коммутаторы прожекторов, светодинамических установок. Слева и справа от микшера находятся ЭПУ, освещенные небольшими лампами. Два ЭПУ необходимы для обеспечения последовательного оперативного проигрывания дисков и для обеспечения надежности. Для объявления номеров программы, введения реплик и комментариев пользуются микрофоном, подключаемым к одному из входов микшерного пульта.

На рис. 83,*а* показано рекомендуемое размещение пульта дискотеки у стены, на рис. 83,*б* — в углу. На рис. 83,*в* даны размеры составных частей пульта дискотеки.

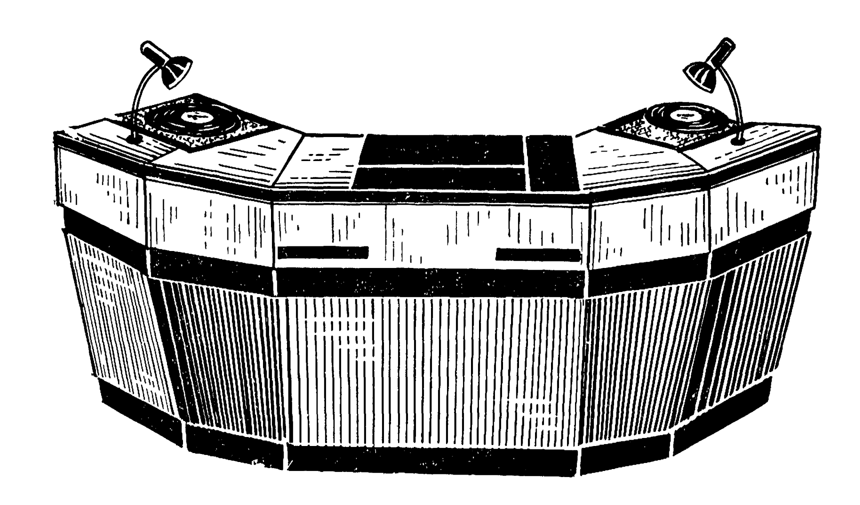


Рис. 82

Основными источниками электрических сигналов при организации танцевального вечера в дискотеке являются ЭПУ, магнитофон и микрофон для ведущего программу. Для оперативного управления этими источниками сигналов и используется микшерный пульт, который позволяет быстро переключать вход основного усилителя НЧ к выходу того или иного источника сигнала. Поскольку эти источники имеют разный уровень сигнала, различные АЧХ и выходное сопротивление, то в микшерном пульте в каждом канале должны быть предусмотрены раздельные регуляторы уровня и дополнительные корректирующие цепи, устраняющие различия в характеристиках входных электрических сигналов.

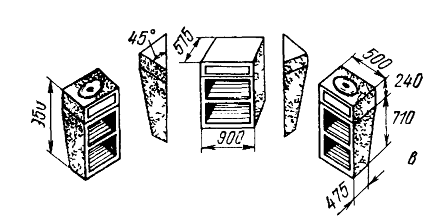


Рис. 83

Усилительно-коммутационное устройство

На рис. 84 изображена принципиальная схема простого усилительно-коммутационного устройства (УКУ), которое может во многом заменить микшерный пульт. Усилительно-коммутационное устройство имеет четыре входа, рассчитанных для подключения динамического микрофона, магнитофона и звукоснимателей двух ЭПУ — одного с магнитной, а другого — с пьезокерамической головками Выбор требуемого источника производят переключателем *В1*. Первая ступень усилителя охвачена глубокой отрицательной обратной связью

через ряд корректирующих цепей, рассчитанных применительно к особенностям каждого источника сигнала. Корректирующие цепи коммутируют одновременно с выбором источника сигнала переключателем *В1*.

В УКУ можно использовать любые транзисторы серий КТ312 или КТ315 со статическим коэффициентом передачи тока базы не менее 50. Переключатель *В1* — галетный, на два направления и пять положений. Переменные резисторы «Уровень» — СПЗ-23а группы В. УКУ нужно питать от стабилизированного блока с выходным напряжением 18—20 В.

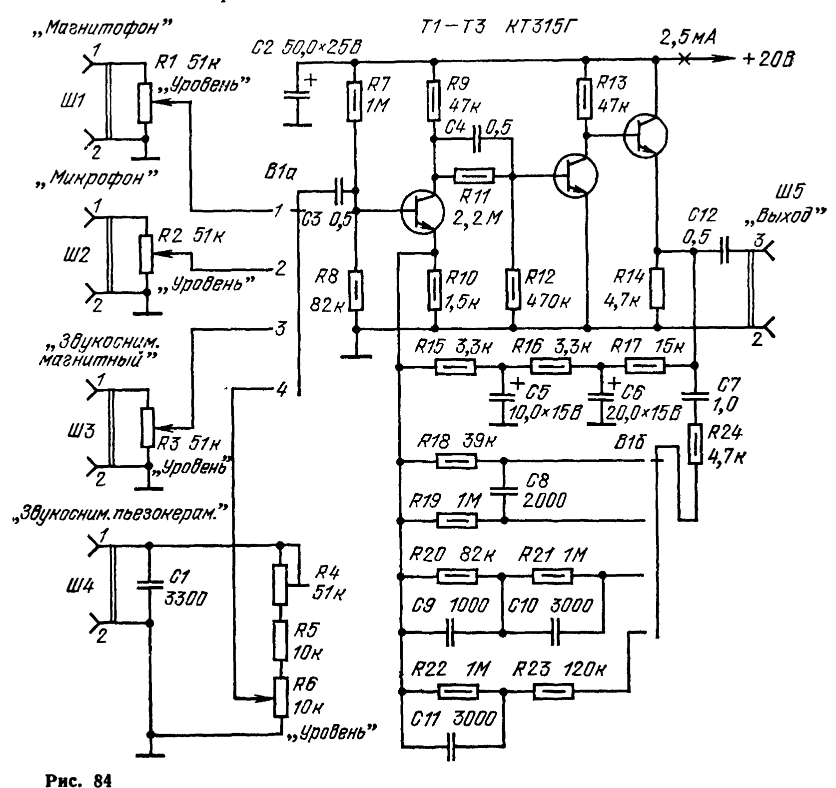


Рис. 84

Если оба ЭПУ в дискотеке оснащены керамическими или магнитными головками, входные и корректирующие цепи следует сделать соответственно идентичными.

Приставки для электрофонов

Рокот-фильтр. При проигрывании грампластинок во время пауз можно слышать низкочастотные помехи со стороны приводного механизма ЭПУ. Кроме того, по мере износа грампластинки начинают сказываться высокочастотные помехи из-за различных механических повреждений на ее рабочей поверхности. Поэтому воспроизведение изношенных пластинок при широкой полосе воспроизводимых частот приводит к возникновению заметного высокочастотного шума, ухудшающего качество воспроизведения грамзаписи. В современные высококачественные электрофоны вводят специальные фильтры, уменьшающие рокот и высокочастотные помехи от изношенной пластинки.

На рис. 85 представлена принципиальная схема рокот-фильтра, снабженного ступенчатым регулятором полосы пропускания. Фильтр собран на двух тран-

зисторах, включенных эмиттерными повторителями с компенсацией тока базы. Такие ступени имеют высокое входное сопротивление. Пропускание низших частот ограничено из-за относительно малой емкости переходных конденсаторов *C1*, *C6*, *C11*, полоса пропускания по высшим определена положением переключателя *B1*, коммутирующего цепи коррекции устройства.

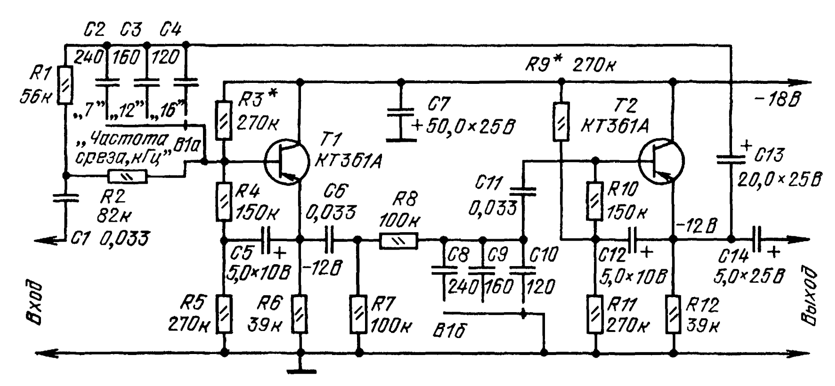


Рис. 85

Фильтр обладает высоким входным сопротивлением (не менее 0,5 Мом), низким выходным сопротивлением (около 500 Ом) и вносит небольшие нелинейные искажения в сигнал (0,1—0,35%). Амплитудно-частотная характеристика фильтра, изображенная на рис. 86, показывает, что полоса пропускания на уровне минус 3 дБ начинается с 40 Гц, а заканчивается на частотах соответственно 7,12 и 16 кГц.

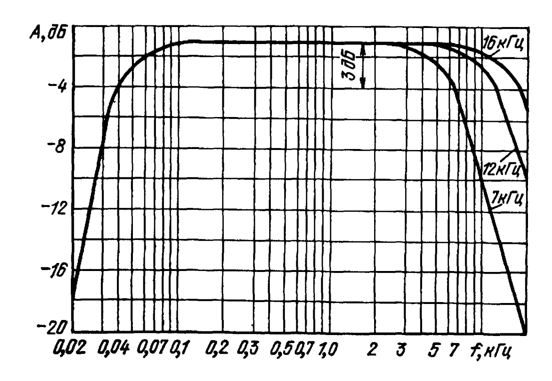


Рис. 86

В фильтре желательно использовать транзисторы серий КТ361, КТ3107 со статическим коэффициентом передачи тока базы не менее 100 Переключатель *B1* — галетный, на три положения и два направления. Питать фильтр нужно от стабилизированного источника напряжением 18—20 В. Режимы транзисторов по постоянному току устанавливают подбором резисторов *R3* и *R9*.

Активный фильтр нижних и верхних частот. На рис. 87 показана принципиальная схема еще одного варианта фильтра для прослушивания грампластинок с различной степенью изношенности при значительном ослаблении рокота. Но здесь установка границ полосы пропускания не фиксированная, а плавная. Осуществляется она с помощью сдвоенных переменных резисторов *R2R3* и *R8R10*. На рис. 88 представлена АЧХ фильтра, которая показывает, что в области средних частот фильтр дает постоянное ослабление сигнала на 3 дБ (при-

мерно в полтора раза по напряжению). Границы полосы пропускания на уровне минус 3 дБ от уровня средних частот можно смещать от 25 до 100 Гц на низших частотах и от 5 до 20 кГц на высших.

В фильтре можно использовать германиевые транзисторы серий МП41, МП42Б (*Т1*) и МП38 (*Т2*) со статическим коэффициентом передачи тока не менее 40. Сдвоенные переменные резисторы — СПЗ-23б группы Б или А. Источник питания должен быть стабилизирован.

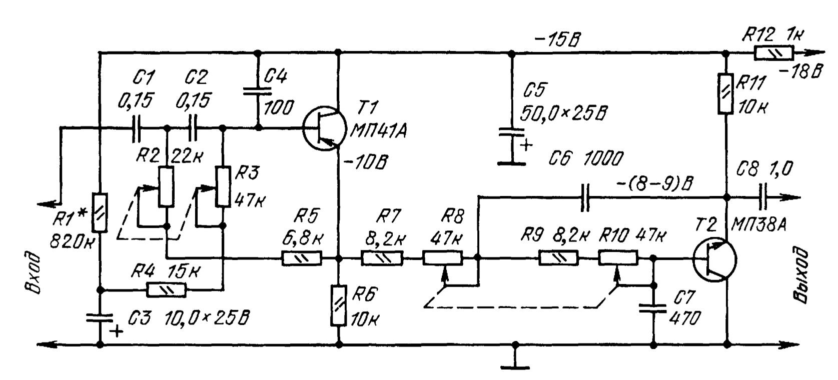


Рис. 87

Приставка, создающая эффект присутствия. В ряде случаев при проигрывании грампластинок требуется выделить (или, как говорят, поднять) голос исполнителя на фоне музыкального сопровождения, тем самым как бы приблизить его к слушателю. Сделать это можно с помощью многоканального регулятора тембра путем подъема усиления сигнала на частотах от 1 до 3 кГц, где сосредоточена основная мощность сигнала голоса человека. Считают, что для заметного выделения голоса исполнителя требуется увеличение усиления на частоте 2 кГц на 6—12 дБ

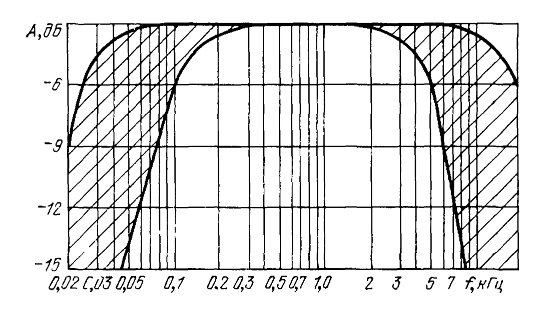


Рис. 88

На рис. 89 показана принципиальная схема приставки, создающей эффект присутствия исполнителя путем соответствующей коррекции АЧХ усилителя НЧ, у которого нет многоканального регулятора тембра Приставка представляет собой двухступенный усилитель, охваченный отрицательной частотозависимой обратной связью через сложную цепь частотной коррекции. Переменным резистором *R9* можно плавно изменять подъем усиления на требуемых частотах от нуля до 12 дБ. Если это делать в процессе воспроизведения грампластинки, то можно создавать как бы эффект появления исполнителя вблизи слушателя.

В приставке можно использовать транзисторы П422 и П423 (*T1*) и МП41А или МП42Б (*T2*). Переменный резистор *R9* типа СПЗ-4в. Источник питания — стабилизированный на напряжение 12—14 В.

Устройство преобразования стереофонического сигнала в монофонический. Ранее говорилось о том, что преобразование монофонического сигнала в псевдостереофонический дает заметное улучшение качества звучания. Но иногда требуется и обратная операция. В первую очередь это необходимо для воспроизведения стереофонических фонограмм и грампластинок через монофонический усилитель.

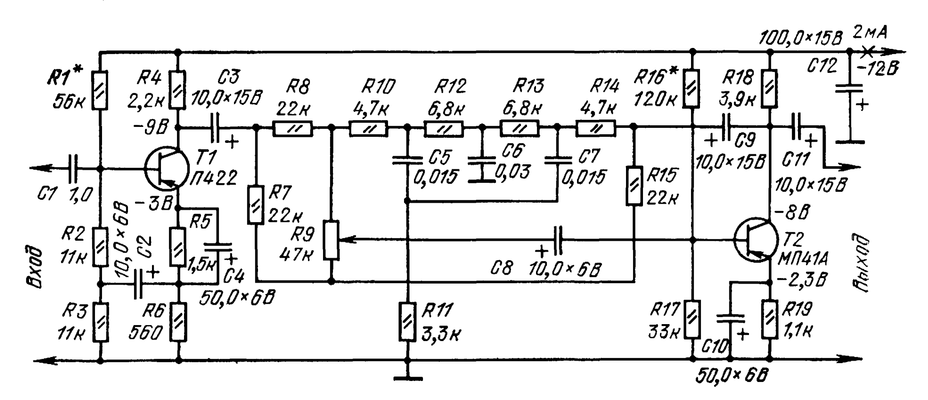


Рис. 89

Если просто соединить между собой выходы каналов, звучание будет обеднено из-за частичного взаимного компенсирования частотных составляющих стереосигнала. Использование сигнала только одного канала из двух приводит к еще большим потерям звуковой информации.

На рис. 90 представлена принципиальная схема преобразователя стереофонического сигнала в монофонический. Он содержит две идентичные ступени на транзисторах *T1* и *T2* с общей коллекторной нагрузкой. Усиление ступеней одинаковое и близкое к единице. Суммарный сигнал поступает на базу транзистора *T3*, включенного по схеме эмиттерного повторителя.

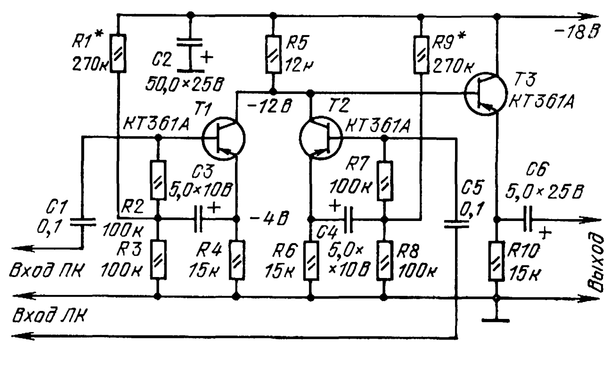


Рис. 90

В приставке, кроме указанных на схеме, могут быть использованы и германиевые высокочастотные транзисторы серии ГТ322 с любыми буквенными индексами. Источником питания может служить стабилизированный выпрямитель или батарея элементов напряжением 18—20 В.

ся, вызывая глубокое уменьшение громкости звучания музыкального сопровождения.

После пропадания микрофонного сигнала транзистор *Т3* снова закрывается, и громкость музыкального сопровождения в течение 1,5 с возвращается к прежнему уровню. Сопротивление *Входа 1* — около 30 кОм. Чертеж печатной монтажной платы устройства показан на рис. 94.

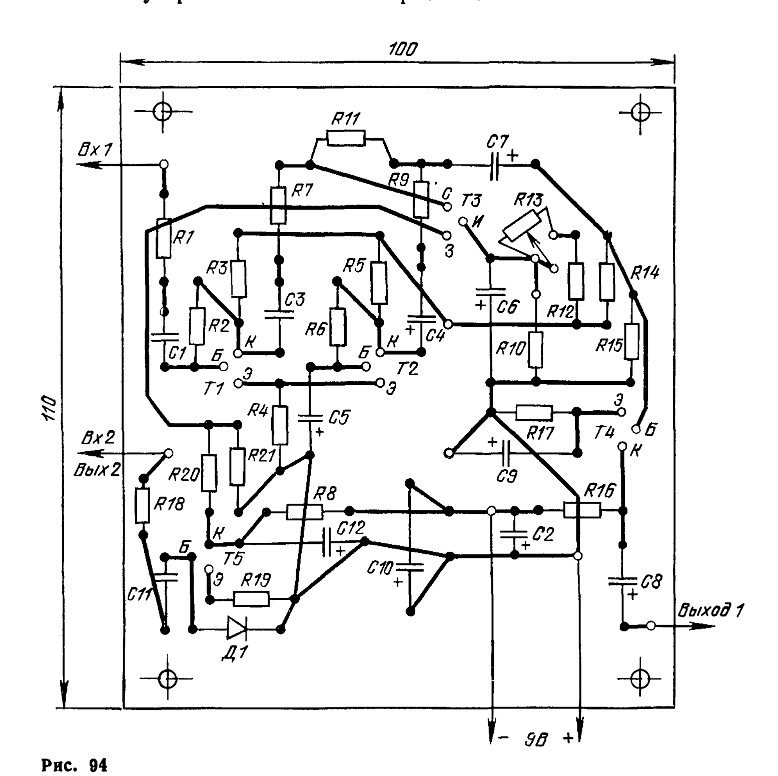


Рис. 94

Корректор сигнала для записи на магнитофон. В практике работы дискотеки нередко приходится вести перезапись с одного магнитофона на другой. Часто напряжение на выходе магнитофона, работающего на воспроизведение, ока-

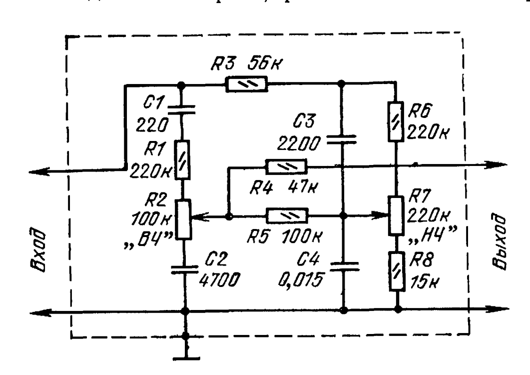


Рис. 95

зывается значительно большим, чем требуется для записи. Этот излишек сигнала можно использовать для его коррекции.

На рис. 95 показана принципиальная схема корректора, в котором нет транзистора. Такой корректор позволяет понизить уровень сигнала и скорректировать АЧХ тракта. Устройство изменяет уровень сигнала на частоте 30 Гц в пределах ±10 дБ, а на частоте 12 кГц — от +5 до —15 дБ.

Устройства, создающие световые эффекты

Регулятор яркости светильника. В ходе проведения вечеров легко реализовать простые световые эффекты, например, периодическое изменение яркости свечения светильников различного цвета и мощности. В простейшем случае для этого можно использовать лабораторные реостаты из школьного кабинета физики, включив их последовательно с регулируемыми лампами накаливания. Но широкое применение таких средств не может быть рекомендовано, так как это, во-первых, чревато электротравматизмом и, во-вторых, приводит к значительным потерям мощности. Кроме того, эти устройства очень громоздки.

Значительно лучшие результаты можно получить, если использовать тринисторные регуляторы, выпускаемые промышленностью (тринистором называют трехэлектродный тиристор). Например, светорегулятор СРП-02-1 позволяет регулировать в широких пределах яркость свечения ламп накаливания мощностью от 60 до 200 Вт. Тринисторные светорегуляторы удобны для монтажа на пульте управления, малогабаритны и безопасны в работе. Светорегулятор подключают к сети 220 В, а нагрузку подсоединяют к выходу светорегулятора. Управляет светорегуляторами либо ведущий программу, либо специальный оператор по свету.

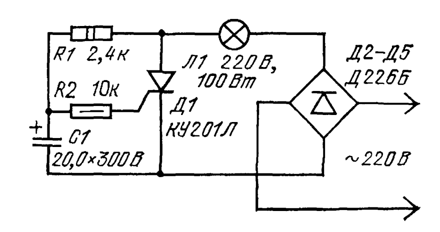


Рис. 96

Прерыватель тока прожектора. В тех случаях, когда необходимо включать и выключать лампу с определенной периодичностью, можно применить простейший тринисторный прерыватель тока, собранный по схеме на рис. 96.

Прерыватель представляет собой релаксационный генератор импульсов тока на тринисторе *Д1*, частота повторения импульсов которого определяется емкостью конденсатора *С1* и сопротивлением резистора *R1*. Желаемую частоту прерывания тока лампы *Л1* лучше всего устанавливать подбором резистора *R1*. Припаивать и отпаивать резистор необходимо лишь при отключении приставки от сети. При указанных на схеме типах полупроводниковых приборов прерыватель может нормально работать с лампой накаливания мощностью до 100 Вт.

Номинальное напряжение конденсатора *С1* должно быть не менее 300 В. При сборке приставки необходимо обратить внимание на обеспечение хорошей электроизоляции всех элементов, так как они находятся под напряжением сети 220 В. Это условие является обязательным и для всех других аналогичных по назначению сетевых светотехнических устройств.

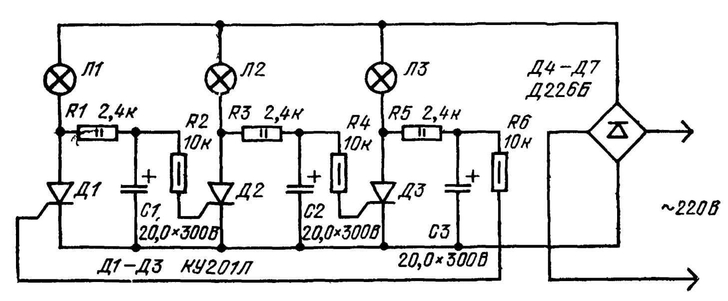


Рис. 97

Гирлянда «бегущие огни». Одним из самых известных и распространенных световых эффектов является гирлянда «бегущие огни». Лампы накаливания в гирлянде располагают цепочкой в линию или по кругу и группируют в три электрические ветви. Лампы включают в сеть через коммутатор, обеспечивающий прерывание тока через них таким образом, что они загораются поочередно. Поочередное включение ламп создает эффект перемещения огней одного за другим вдоль цепочки, хотя сами лампы неподвижны. Когда-то такие электронные коммутаторы выполняли на лампах и транзисторах, еще раньше — на механических коммутаторах с электромоторным приводом. Сейчас наиболее распространены коммутаторы гирлянд «бегущие огни», собранные на тринисторах.

На рис. 97 изображена принципиальная схема одного из вариантов тринисторного электронного коммутатора гирлянды. Он состоит из трех импульсных генераторов на тринисторах *Д1—Д3*. Генераторы последовательно соединены между собой в замкнутое кольцо. Такое их соединение приводит к тому, что в любой момент времени открыт только один тринистор и светится только одна лампа, пусть, например, *Л1*. Через определенное время тринистор *Д1* закроется, тем самым создав условия для открывания тринистора *Д2*, поэтому лампа *Л1* выключится и включится *Л2*. Затем через некоторое время выключится лампа *Л2* и включится *Л3* и т. д.

Частоту коммутации ламп гирлянды устанавливают подбором резисторов *R1, R3, R5*. Максимальная мощность нагрузки в каждой ветви не должна превышать 100 Вт, т. е. каждая ветвь может содержать по пять ламп мощностью 20 Вт каждая.

Светомузыкальная приставка. Если имеются три небольших прожектора, снабженных светофильтрами красного, зеленого и синего цвета, можно сделать так, что они будут включаться и выключаться, изменять интенсивность свечения в такт с музыкой, создавая динамический световой эффект. Его нетрудно реализовать с помощью простого устройства, называемого светодинамической установкой (СДУ). Принципиальная схема одной из СДУ, выполненной на симисторах, показана на рис. 98. Как известно, симисторами называют симметричные тиристоры. Каждый из прожекторов *Л1—Л3* снабжен соответствующим светофильтром и подключен к сети через один из симисторов *Д1, Д2* или *Д3* канала ВЧ, СЧ и НЧ. Вход СДУ подключают к выходу усилителя НЧ мощностью не менее 3 Вт. Сигнал, снимаемый с обмотки *II* трансформатора *Тр1*, разделяется на три частотных канала *RC*-фильтрами: *C1R2* в канале высших частот, *R4C2* в канале средних и *R6C3* в канале низших частот. Сигналы, снимаемые с выходов фильтров, управляют открыванием симисторов. Порог открывания симисторов в каждом канале устанавливают переменными резисторами *R1, R3* и *R5*.

Выбор цвета светофильтра для того или иного канала произволен. Чаще всего для канала низших частот берут красный, для высших — синий светофильтры. Для канала средних частот можно использовать зеленый или желтый цвет. Трансформатор *Тр1* — выходной от любого лампового приемника II или III класса. Трансформатор включают так, что входной сигнал подается на обмотку с меньшим числом витков (это будет обмотка *I*), а со вторичной, имеющей большее число витков, снимают повышенное напряжение сигнала, поступающее далее на вход каналов.

При отсутствии симисторов можно изготовить СДУ на тринисторах по принципиальной схеме, изображенной на рис. 99. Эта приставка по устройству и принципу действия во многом подобна предыдущей. Здесь лампы питаются пульсирующим напряжением с диодного моста на четырех диодах большой мощности. Тринисторы в этой СДУ можно нагрузить лампами мощностью до 600 Вт в каждом канале. В дополнение к трем основным прожекторам *Л1—Л3* введены два прожектора паузной подсветки со светофильтрами желтого или фиолетового цвета (*Л4* и *Л5*). Мощность ламп *Л4* и *Л5* примерно в 3 раза меньше мощности ламп каналов; эти лампы светятся при отсутствии сигнала на входе приставки и выключаются при его появлении.

Тринисторы целесообразно установить на отдельные теплоотводы, что позволит увеличить надежность работы приставки. Вместо прожекторных светоизлучателей можно применить экранно-оптическое устройство, внешний вид которого показан на рис. 100. Переднюю панель изготовляют из светорассеивающего органического стекла. За светорассеивателем устанавливают лампы со

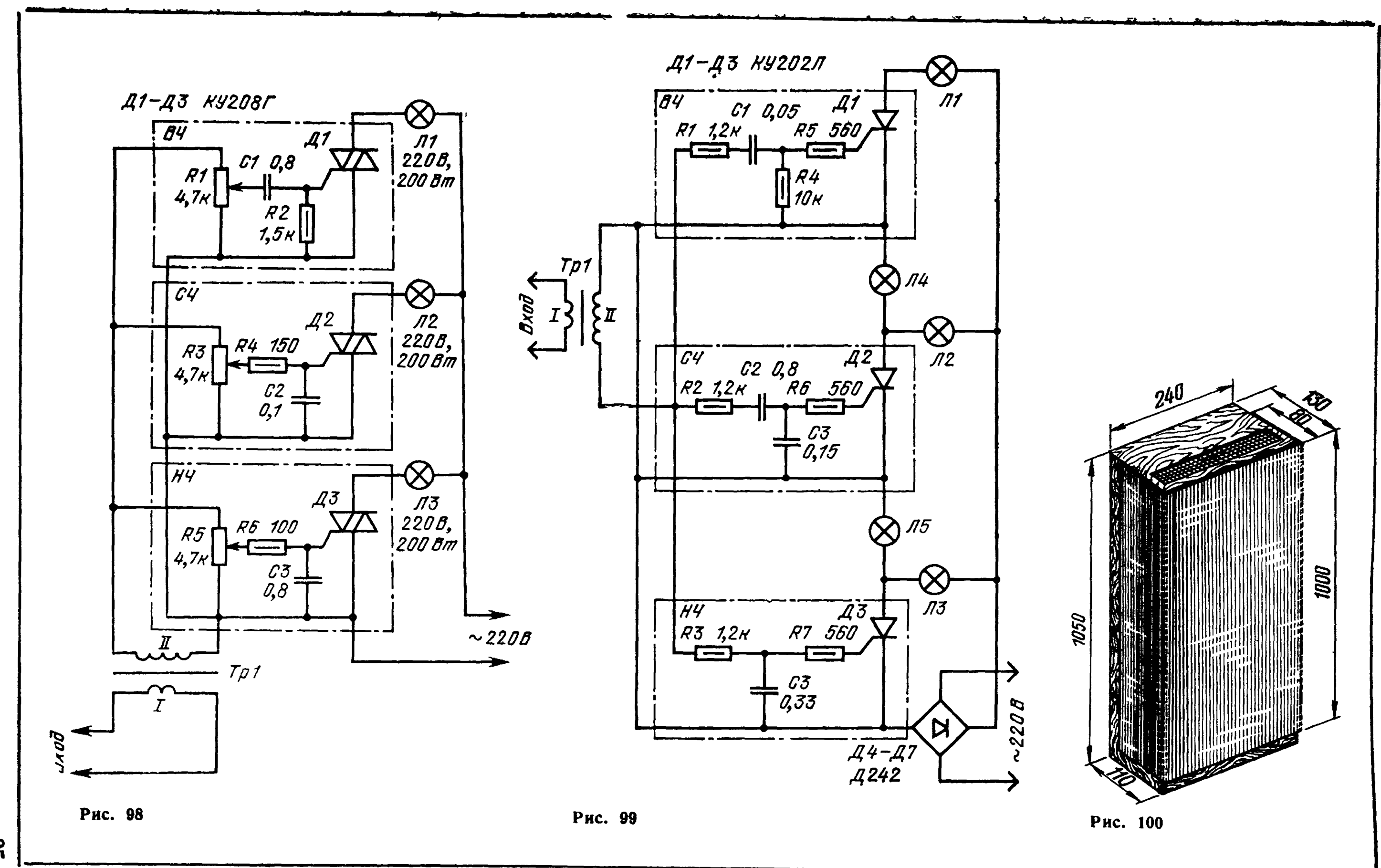


Рис. 98

Рис. 99

Рис. 100

светофильтрами. В дне и крышке ящика нужно предусмотреть вентиляционные отверстия. Электронный блок можно установить внутри экранного устройства или смонтировать в виде отдельного блока, соединяемого с экраном гибким многожильным кабелем.

Заключение

Приведенные в книге описания конструкций для сельского клуба, конечно, не могут охватить все интересы и потребности сельского радиолюбителя. Возможно, что у читателя возникнут пожелания сделать что-то новое, оригинальное, либо повторить одну или несколько конструкций, но с использованием других деталей, с иными характеристиками. В таких случаях можно рекомендовать обратиться к литературе, список которой приводится ниже, а также к подшивкам журналов «Радио», «Моделист-конструктор», «Юный техник», «Клуб и художественная самодеятельность». Но во всех случаях важно, чтобы применяемые детали и узлы были исправными, по возможности проверенными на работоспособность. В первую очередь это относится к полупроводниковым приборам (транзисторам, диодам, тринисторам и интегральным микросхемам), которые наиболее чувствительны к перегрузкам. Полезно также после окончания сборки того или иного устройства не торопиться с включением питания. Следует еще раз внимательно проверить правильность выполнения монтажа, полярность включения диодов и электролитических конденсаторов, отсутствие посторонних металлических предметов и обрезков монтажных проводов на проводящих поверхностях печатного монтажа. И только после того, как будут устранены все замеченные недостатки и ошибки, можно включать питание и приступать к налаживанию. Сделать это нетрудно, а эффект получается значительный. И если при налаживании что-то не получается, не следует торопиться с выводами. Еще и еще раз проверьте правильность монтажа и исправность деталей. Тогда успех обеспечен.

По вопросам приобретения радиодеталей следует обращаться по адресам: 111126, Москва, Авиамоторная ул., 50, Центральная торговая база Союзпосылторга; 121471, Москва, Рябиновая ул, 45, Московская межреспубликанская торговая база Центросоюза.

Список литературы

1. **Борийчук Г. И., Булыч В. И.** Радиолюбителю о телевизионных антеннах. — М.: ДОСААФ, 1977. — 64 с., ил.
2. **Васильев В. А., Веневцев М. К.** Транзисторные конструкции сельского радиолюбителя. Изд. 2-е, переработ. и доп. — М: Энергия, 1980. — 120 с., ил.
3. **Галеев Б. М., Андреев С. А.** Принципы конструирования светомузыкальных устройств. — М.: Энергия, 1973. — 104 с., ил.
4. **Галеев Б. М., Сайфуллин С. А.** Светомузыкальные устройства. Изд. 2-е, переработ. и доп. — М.: Энергия, 1978. — 176 с., ил.
5. **Дедюкин Г. В., Модестов Л. А.** Охота за дальними телецентрами. — М.: Знание, 1964. — 112 с., ил
6. **Диоды** и тиристоры/А. А. Чернышов, В. И. Иванов, В. Д. Галахов и др.; Под общей ред. А. С. Чернышова. — М.: Энергия, 1975. — 290 с., ил.
7. **Медведовский Д. С., Гузевич О. Н.** Электромузыкальные щипковые инструменты. — Л.: Энергия, 1979. — 128 с, ил.
8. **Метузалем Е. В., Рыманов Е. А.** Приемные телевизионные антенны. — М.: Энергия, 1968. — 48 с., ил.
9. **Сапожков М. А.** Электроакустика. — М.: Связь, 1978. — 272 с., ил.
10. **Создаем** дискоклуб. — Техника — молодежи, 1970, № 3, с. 30—36.
11. **Транзисторы** для аппаратуры широкого применения: Справочник/К. М. Брежнева, Е. И. Гантман, Т. И. Давыдова и др.; Под ред. Б. Л. Перельмана. — М.: Радио и связь, 1981. — 656 с., ил.
12. **Шур А. А.** Ближний и дальний прием телевидения. — М.: Энергия, 1980. — 80 с., ил.

Содержание

ВЛАДИМИР АЛЕКСЕЕВИЧ ВАСИЛЬЕВ

РАДИОЛЮБИТЕЛИ — СЕЛЬСКОМУ КЛУБУ

Редактор Л. Н. Ломакин

Редактор издательства Н. В. Ефимова

Художественный редактор Г. Н. Кованов

Технический редактор Л. А. Горшкова

Корректор Л. В. Алексеева

ИБ № 586

Сдано в набор 15.11.82 г. Подписано в печать 12.08.83 г.

Т-04609 Формат 60×90/16 Бумага тип. № 2 Гарнитура литературная Печать высокая

Усл. печ. л. 5,5 Усл. кр.-отт. 5,875 Уч.-изд. л. 7,4 Доп. тираж 80 000 экз. Изд. № 19466

Зак. № 79 Цена 55 к.

Издательство «Радио и связь». 101000 Москва, Почтамт, а/я 693

Типография издательства «Радио и Связь» Госкомиздата СССР
101000 Москва, ул. Кирова, д. 40

55 к.



«РАДИО И СВЯЗЬ»